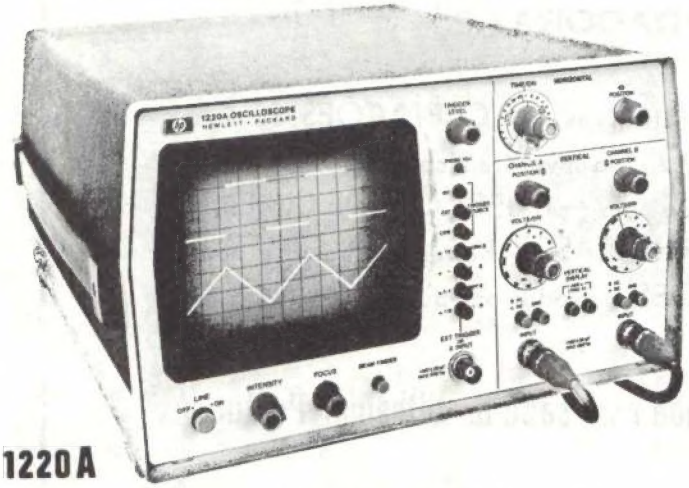
OSCILOSCÓPIOS

CONCEBIDOS ESPECIALMENTE PARA O ENSINO TÉCNICO

HEWLETT hp PACKARD



1220A

1221A

1220A	1221A
2 CANAIS	1 CANAL
DC A 15 MHZ	
SENSIBILIDADE 2mV/DIVISÃO	

PEÇA INDICAÇÕES COMPLETAS A

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S.A.R.L.

R. Rodrigo da Fonseca, 103 · LISBOA
Telefones 68 60 72 · 3 · 4 · 5 · Telex 1598
R. José Falcão, 15 · 4° Dto. PORTO · Tel. 2 62 09 · 3 33 50

C. D. U. 532.5:539.3

A UNIFIED THEORY OF SMALL DISTURBANCES WITHIN COMPRESSIBLE LAMINAR AND TURBULENT BOUNDARY LAYERS

G. R. INGER*

RESUMO

A interação da camada limite com as distorções de forma ou com as propriedades do material das superfícies adjacentes é um problema importante para o projecto termofísico do «space shutle» (veículo espacial de transporte). Este artigo descreve um método de solução com base na teoria das pequenas perturbações que permite determinar as perturbações tridimensionais de pressão e temperatura num escoamento de camada limite com grandes heterogeneidades e o correspondente efeito na condução de calor na parede. Tratam-se os efeitos de escoamento transversal e gradiente de pressão tanto em escoamento laminar como turbulento. Fazem-se aplicações específicas a escoamentos sobre perturbações isoladas tais como «trip wires», elementos rogosos, fendas ou degraus e descontinuidades nas propriedades do material da parede. Perturbações distribuídas envolvendo ondulação da superfície, rampas e ablações por sublimação em regime estacionário são também tratadas.

ABSTRACT

The interaction of the boundary layer with distortions in the shape or material properties of the adjacent surface is an important problem in the thermophysical design of the Space Shuttle. This paper describes a small disturbance theory approach for determining the resulting three dimensional pressure and temperature disturances in highly non-uniform boundary layer flow and the corresponding heat transfer response within the surface. Either laminar or turbulent compressible flow including the effects of cross flow and pressure gradient is considered. Specific applications are made to flows past isolated disturbances such as trip wires, roughness elements, gaps or steps and material property discontinuities. Distributed disturbances involving surface waviness, ramps and steady state sublimative ablation are also treated.

NOMENCLATURE

C_p = constante pressure specific heat
h = step height
H_o, H' = basic flow and perturbation total enthalpy, respectively
k = thermal conductivity
l_u = upstream influence distance
$\dot{m}_{w_o}$, $\Delta \dot{m}_w$ = basic flow and perturbation surface mass loss rates, respectively
M = Mach number
M_{BW} = surface injection Mach number
P_o, p' = basic flow and perturbation surface mass pectively
$\dot{q}_{w_o}$, $\dot{q}_w$ = basic flow and perturbation surface heat transfer rates, respectively
T, T' = basic flow and perturbation absolute static temperatures, respectively
u', v', w' = perturbation velocity components in x, y, z coordinate directions
U_o = basic undisturbed boundary layer in x-direction
y = coordinate normal to surface
y_s = sonic height in boundary layer profile
α = $2\pi/\lambda$
δ = boundary layer thickness
δ_f = viscous disturbance sublayer thickness
ε_o = turbulent eddy kinematic viscosity
λ = wavy surface wavelenght
μ, ν = laminar coefficients of dynamic and kinematic viscosity, respectively
ρ = basic flow density
ξ = coordinate resolved perpendicular to a chosen reference direction
τ_{w_o}, τ'_w = basic flow and perturbation wall shear stress, respectively

* Professor, Department of Aerospace Engneering Asso-ciate Fellow AIAA. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg Virginia.

Subscripts

e	=edge of boundary layer
n	=component resolved in ξ-direction
o	= basic undisturbed flow
s	= state within solid surface
w	= flow conditions at the wall surface

1. INTRODUCTION

The interaction of disturbances from small surface shape or material property distortions with the adjacent high speed boundary layer is an important aspect of the thermodynamic design of aerospace vehicles such as the Space Shuttle. Isolated surface disturbances such as roughness elements, trip wires, gaps or skin joints, and surface material or ablation discontinuities are known to significantly alter the local heat transfer characteristcs in boh laminar and turbulent flow[1]. On the other hand, the effects of distributed surface irregularities are also of practical interest, such as segments of ripple surface skin[2], distributed injection or suction or ablation[3], and small compression surfaces. To illuminate the basic physical features of these interaction problems and guide the development of engineering methods of analysis, it is desirable to develop a basic theory which treats all these special cases in a unified way.

The present paper describes a new unified theoretical treatment of this general problem for the case of small disturbances. Using a perturbation aproach, a ttory is developed that describes arbitrary three dimensional steady state pressure, temperature, skin friction and heat transfer disturbances within a high speed boundary layer and the resulting thermal and ablative interactions with the adjacent surface material. Particular emphasis is placed on treating the important effect of the highly--nonunifor flow across the boundary lareyr laminar or turbulent flow and the thermal disturbances in both the boundary layer and surface material. Also included are heat transfer perturbations at the surface and the effecs of normal pressure gradient and upstream influence in the disturbance field.

The basic analytical features of the theory are described in Section 2. Important new aspects of this analysis include the treatment of the boundary layer skin friction and heat transfer disturbances plus the allowance for mass transfer at the surface and axial pressure gradient in the basic undisturbed flow. In Section 3, some specific applicatons of the theory to surfaces with distributed shape distortions or disturbances are examined in detail including comparisons with experiment. These include flow past a wavy structural skin with heat transfer and the phenomenon of ablation surface cross hatching. Section 4 discusses applications to isolated or discontinuous surface dsturbances with specific reference to the problem of flow past a rear-facing step or suction gap, and the effect of isolated roughness elements or protuberances on the surface. Finally, in the concluding section a number of other interesting possible applications wil also be briefly discussed.

2. GENERAL THEORETICAL ANALYSIS

2.1 *Simplifying Assumptions*

We consider a basic compressible boundary layer flow of a perfec gas in the x-direction past some mean surface (y = 0). The Prandtl and Lewis numbers are taken to be unity. Superimposed on this flow are arbitrary steady three dimensional disturbances in velocity (u', v', w'), pressure (p') and temperature (T') which are sufficiently small that they may be treated by a linearized theory (transonic or hypersonic mean flows being thereby excluded). Guided by the results of hydrodynamic stability studies[4], a unified analysis of these disturbances can be developed in the first approximation by introducing the following simplifying assumptions. (a) Following the arguments of Lighthill[5] and Benjamin[6], the mean flow is idealized as a rotational plane parallel flow with uniform static pressure ($dp_o/dy = 0$) and arbitrary lateral vibrations of density ρ_o (y), velocity U_o (y), Mach number M_o (y) and temperature T_o (y). This approximation is acceptable as long as the flow is not hypersonic[4], [7]. (b) Under the high Reynolds number flow conditions of practical interest ,the disturbance field may be resolved into inviscid and viscous components, with the viscous component being significant only in a relatively thin sublayer near the surface[5], [6], [8]. Again, this tends to break down in hypersonic flow[4], [7]. (c) The disturbance sublayer is incompressible with negligable viscous dissipation heating effects, an approximation that several studies[4], [7], [9] have shown to be accepable up to moderate supersonic Mach numbers provided the average compressibility of the *mean* flow in the sublayer is taken into account by evaluating properties a the wall tempearture condiions. (d) In the case of turbulent flow the correlations between the steady disturbance field and the turbulent fluctuations are assumed negligible, hereby permiting the probiem to be treated as a «quasi-laminar» mean flow with an appropriate eddy viscosity model. This undoubtedly introduces some quantitative errors except for very small disurbance amplitudes[10], [11], but these may not be too significant for engineering purposes[12]. (e) The thermal response within the surface material, including possible ablation. is a quasisteady one.

2.2 *The Boundary Layer Disturbance Field*

Using the aforementioned assumptions in the linearized compressible Navier-Stokes equations, two sts of linear partial differential equations are obained The first set, which governs the inviscid part of the disturbance field, is

$$\frac{\partial^2 p'}{\partial x^2}(1 - M_o^2) + \frac{\partial^2 p'}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p'}{\partial z^2} - 2\left(\frac{dM_o/dy}{M_o}\right)\frac{\partial p'}{\partial y} = 0 \qquad (1)$$

$$\rho_o U_o \frac{\partial v'}{\partial x} = -\frac{\partial p'}{\partial y} \qquad (2)$$

$$\rho_o U_o \frac{\partial w'}{\partial x} = -\frac{\partial p'}{\partial z} \tag{3}$$

$$\rho_o U_o \frac{\partial u'}{\partial x} + \rho_o \frac{dU_o}{dy} v' = -\frac{\partial p'}{\partial x} \tag{4}$$

$$U_o \frac{\partial H'}{\partial x} = U_o \frac{\partial (C_p T' + u' U_o)}{\partial x} - \left(\frac{dH_o}{dy}\right) v' \tag{5}$$

Eq. (1), which describes pressure perturbations in highly non-uniform flow, has been encountered in other studies of small disturbance phenomena[7].
Note that it is uncoupled from the rest and involves only the known Mach number profile M_o (y) of the basic flow. Further note that it tigether with Eq. (2) permit consideration of the disturbance field lateral pressure gradient. Once it is solved subject to boundary conditions at the edge of the boundary layer appropriate to the paricular problem, the velocity perturbation components v', w' and u' are readily obtained by integration of Eqs. (2) — (4). respectively. The corresponding thermal disturbance is obtained from the total enthalpy perturbation Eq. (5), which has evidenly not been discussed heretofore in the literature. This equation shows that the total enthalpy perturbation is zero only in the special case of an adiabatic *mean* flow $H_o = C_p T_o + U_o^2/2 =$ constant, as one would expect. Moreover, it has the interesting implication that the inviscid total enthalpy disturbance is a maximum at the valleys of the perturbed streamlines.

The corresponding behavior of the disturbances near the surface where viscous and heat conduction effects are significant is governed in the first aprroximation by the higher order equations

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left[(\nu_o + \varepsilon_o(y))\frac{\partial^2 v'}{\partial y^2}\right] - \frac{\partial}{\partial x}\left[U_o \frac{\partial^2 v'}{\partial y^2} - v' \frac{d^2 U_o}{dy^2}\right)\right] = 0 \tag{6}$$

$$\frac{\partial}{\partial y}\left[(\nu_o + \varepsilon_o(y))\frac{\partial w'}{\partial y}\right] - U_o \frac{\partial w'}{\partial x} = \frac{1}{\rho_o}\frac{\partial p}{\partial z} \simeq -U_o\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right) \text{ inviscid} \tag{7}$$

$$\frac{\partial p'}{\partial y} \simeq 0 \tag{8}$$

$$\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial v'}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \simeq 0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial}{\partial y}\left[(\nu_o + \varepsilon_o(y))\frac{\partial H'}{\partial y}\right] \simeq U_o \frac{\partial H'}{\partial x} + v' \frac{dH_o}{dy} \tag{10}$$

where ν_o and ε_o (y) are the known basic flow laminar and turbulent eddy viscosity coefficients, respectively, and where use has been made of the additional simplifying physical approximation that the dominant terms within the viscous disturbance sublayer are of boundary layer type.

Equation (6) results from sucessive differentiation of the streamwise momentum equation using Eq. (9) so as to eliminate u' and w'. Note that in it we have included the profile curvaure [las term in Eq. (6)] because if its importance in the turbulent case or when here is an axial pressure gradient in the mean flow .Thus, for example, assuming that the viscous disturbance sublayer lies within the «law of the wall» region where $\tau \simeq \tau_w$ we have

$$\rho_{o,w}\left[\nu_{w,o} + \varepsilon_o(y)\right]\frac{d^2 U_o}{dy^2} \simeq \frac{dp_o}{dx} - \left(\tau_w + \frac{dp_o}{dx} y\right)\frac{d\ln(\nu_o + \varepsilon)}{dy}$$

Once the basic flow is specified, the «master» equation (6) which involves only the normal perturbation velocity v' can be reduced to an ordinary fourth order differential equation in y following Fourier transformations with respect to x and z. The inclusion of this equation enables us to consider the effects of upstream influence in the disturbance field. Moreover, the resulting solution of the equation yields the viscous displacement effect and hence the effective body shape seen by the outer inviscid disturbance field as an inner boundary condition. * The remaining velocity components w' and u' are straightforewardly obtained from Eqs. (7) and (9), as is the skin friction disturbance [$\simeq$ (du'/dy) (0, x, z)]. The corresponding perturbation energy equation (10) can be solved in an analogous manner to obtain the temperatura and, most importantly, the heat transfer disturbance in the gas near the surface [13].

Concerning the boundary conditions imposed on the foregoing viscous solutions, the no slip condition u' = w' = 0 is of course required at the wall, while the corresponding value of v' is directly proportional to any ablative or injected mass flow disturbance from the surface. The corresponding thermal boundary conditions for the energy equation solution depend on whether the surface is held at a fixed temperature ($T'_{wall} = 0$), insulated [$(\partial T'/\partial y)_{wall} = 0$] or undergoing ablation such that the boundary layer heat transfer and surface material mas loss rates are coupled (see below).

* In the special case where the mean flow is laminar or where the viscous disturbance sublayer lies within the laminar sublayer of a turbulent mean flow ($\nu_o >> \varepsilon_o$, $dU_o/dy \simeq$ constant), an analytic solution involving Airy functions is possible [6, 14] including the effects of mean flow compressibility [13].

2.3 *Response Within the Surface*

The three dimensional thermal disturbance within the assumed-homogeneous surface material is governed by the heat condition equation perturbation

$$k_s \left(\frac{\partial^2 T'_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T'_s}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T'_s}{\partial z^2} \right) = \dot{m}_{w_o} \frac{\partial^2 T'}{\partial y} + \Delta \dot{m}_{\eta} \frac{dT_{\varepsilon o}}{dy} \qquad (11)$$

where T' (x, y, z) is the disturbance on the mean basic temperature profile T_{s_o} (y), k_s the material conductivity (assumed constant) and $\dot{m}_{w_o}$ and $\Delta \dot{m}_w$ are the undisturbed and perturbed surface ablation rates, respectively. Note that we include the heat conduction in the streamwise direction.

Depending on the specific problem, Eq. (11) can be solved by standard mathematical methods subject to the requirement that T' vanish deep within the material and the imposition of a surface boundary condition involving an interfacial energy balance between the heat transfer into the wall form the adjacent boundary layer and the heat conduction away within the wall material. For example, in the case of pure sublimation with an effective heat of ablation L_s, this condition reads approximately

$$(\Delta \dot{m}_w) L_s + k_s \left(\frac{\partial T'_s}{\partial y} \right)_w \simeq \left(\mu_o \frac{\partial H'}{\partial y} \right)_w \qquad (12)$$

which serves to couple the thermal perturbations in the boundary layer and surface material.

3. APPLICATIONS OF THE THEORY TO SURFACES WITH DISTRIBUTED DISTURBANCES

The foregoing analysis provides a unified theoretical framework for treating a number of important heat transfer and ablative disturbance problems. In this section we illustrate its application to two specific problems of practial interest involving continous surface irregularities.

3.1 *Turbulent Boundary Layer on a Wavy Surface*

In addition to being a classical pedagogical problem, this case finds practical application in the design of high temperature aircraft and missile structures where the effects of skin ripples on heating are often of interest. We shall summarize here the results of a detailed theoretical and experimental study of flow past a swept slightlywavy wall that has been made, including thermal aspects of the boundary layer-surface interactin that have not been considered heretofore.

Excluding hypersonic flow, it is readily shown that the problem can be resolved into an equivalent two dimensional one in a direction ξ that lies in the plane of the surface and perpendicular to the ripples (see Fig. 1). Since the disturbance field necessarily is a

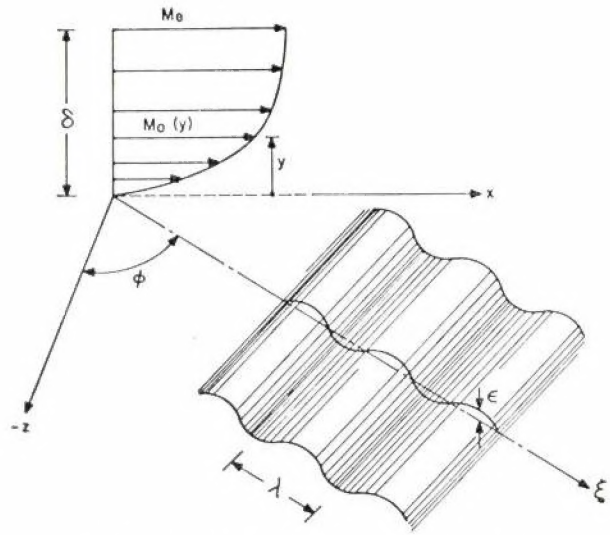


Fig. 1 — Typical Flow Configuration (Schematic)

sinusoidal function of ξ, the general equations in the previous section may be reduced to two sets of ordinary differential equations with respect to the single independent variable y (su reps. 13 and 15 for complete details regarding these solutions). For example, in terms of the complex pressure perturbation variable P (y) defined by $p' = \tilde{P}$ (y) exp $i\alpha\xi$ where $\alpha = 2\pi/\lambda$, Eq. (1) reduces to

$$\left\{ \frac{d^2}{dy^2} - 2 \left(\frac{dM_o/dy}{M_o} \right) \frac{d}{dy} + \alpha^2 \left(M^2_{o_n} - 1 \right) \right\} \tilde{P} = 0$$

where $M_{o_n} = M_o \sin \Phi$. Solutions of this equation have been previously studied by Lighthill[5, 14] and more recently by Inger [13, 15, 17]. Requiring that the pressure disturbances at the boundary layer edge be outward-running and either approach Mach waves ($M_{e_n} > 1$) or exponentially-decaying signals ($M_{e_n} < 1$), Eq. (13) can be solved numerically by a straight-foreward «top down» integration procedure. Such calculations have been carried out for the turbulent boundary layer Mach number profiles pertaining to our wavy wall experiments, using the turbulent viscosity model of Sontowski [18]. Fig. 2 shows some typical results for the variation of the pressure disturbance amplitude across the boundary layer. It is seen that the non-uniform mean velocity field causes a large decrease in amplitude at low supersonic and subsonic Mach numbers. It is also noted that there is evidently one Mach number (around $\sqrt{2}$, see Ref. 17) where there is virtually no nonuniform flow effect on the amplitude. Fig. 3 illustrates the corresponding pressure phase variations across the boundary layer. An appreciable shift of P_{max} toward the wall valleys (its linearized subsonic potential flow location) is seen to occur at low supersonic Mach numbers.

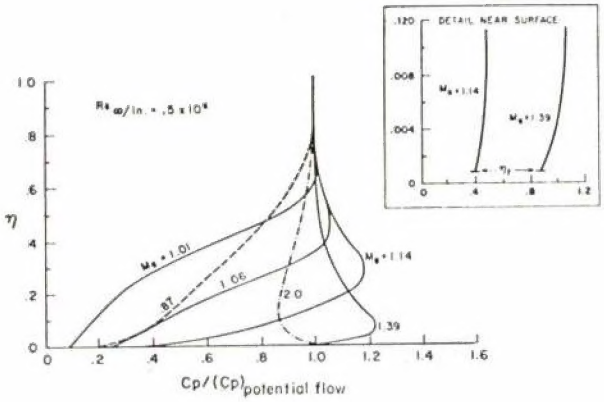


Fig. 2 — Pressure Perturbation Amplitude Variation Across a Turbulent Boundary Layer Along a Wavy Wall

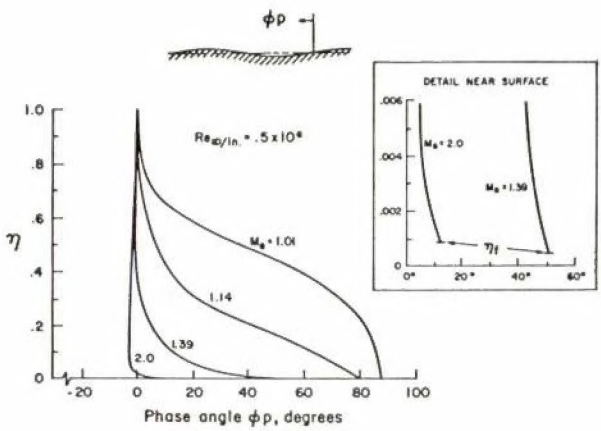


Fig. 3 — Pressure Phase Shift Across a Turbulent Boundary Layer Along a Wavy Wall

Analytical solutions for the velocity and temperature disturbance fields in the viscous sublayer were also obtained as described in detail elsewhere. [13], [15]. The resulting solution for the skin friction perturbation, for example, is

$$\tau'_w \approx C_1 \ \mathrm{Re}\ (p'_w\ e^{i\Phi\tau}) \qquad (14)$$

where C_1 is a function of the boundary layer thickness to wavelength ratio $\alpha\delta$, Re ( ) implies taking the real part, and the phase angle Φ_τ between τ'_w and p'_w varies from 120° in an adiabatiic mean flow to 60° in the case of large heat transfer. Also determined were either the heat transfer perturbation on a wavy surface of fixed temperature or the surface temperature perturbation for a given heat transfer rate. For example, in the latter case (which is appropriate to our experiments) the wall temperature disturbance is found to be of the form

$$c_p\ T'_w \approx C_2 \left(-\frac{dH_o}{dy}\right)_w \mathrm{Re}\left[\left(\frac{p'_w}{\tau_{w_o}}\right) e^{i\Phi}\ T\right] \qquad (15)$$

where C_2 depends on $\alpha\delta$ and only a small ($\Phi T = 30°$) phase difference exists between the maximum temperature and pressure perturbations.

Wind tunnel experiments have been carried out at low supersonic speeds in which wall pressure and surface temperature distributions were measured along a three cycle wavy wall in a turbulent boundary layer (a more detailed description of this work can be found in Refs. 15 and 16). A typical comparison of the resulting pressure data with the predictions of the present theory is given in Fig. 4. The experiment fully substantiates our major theoretical conclusions, namely that (a) substantial phase shifts in pressure will occur across the boundary layer, and hence (b) a subsonic-type of pressure signature exists on the wall ($\Phi p \equiv 90°$) even though the flow outside the boundary layer is supersonic. Another unique aspect of the experimental study, the approximate measurement of the wavy surface temperature with liquid crystal paint, is also illustrated in Fig. 4. Under our test conditions where there was a small heat transfer away form the surface ($d\ H_o/dy < 0$), Eq. (15) predicts a close correlation between the pressure and wall temperature perturbation maxima and this is indeed seen to be nicely confirmed by the data.

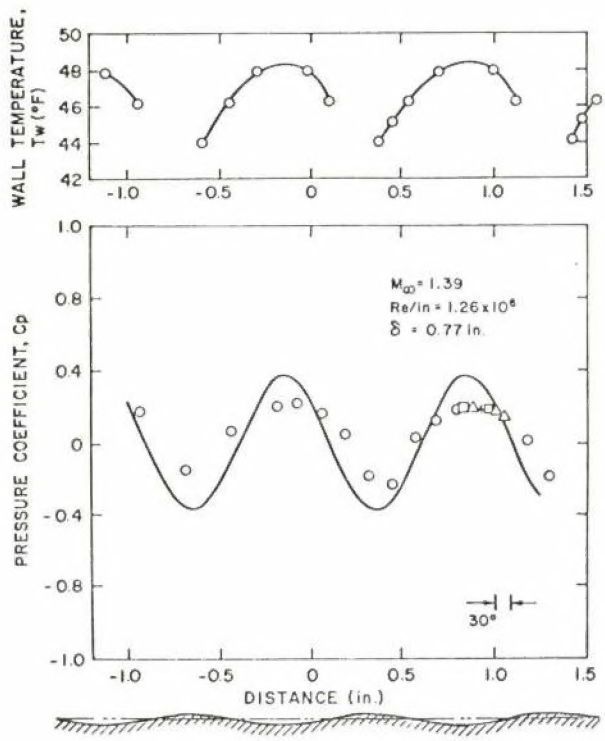


Fig. 4 — Comparison of Theory vs. Experiment for Pressure and Surface Temperature on a Wavy Wall

3.2 *Ablation Surface Cross Hatching*

One of the most interesting phenomena involving the mutual interaction between boundary layer disturbances and the surface material are the occurance of cross-hatched striation patterns on the ablated surfaces of

wind tunnel models and recovered reentry bodies [16, 19-21]. The typical appearance of these patterns [21] is illustrated in Fig. 5. Since their occurance has been shown to cause significant changes in the rolling dynamics of slender bodies [22], and appreciable enhancement of local aerodynamic heating study of their cause and growth is of practical interest.

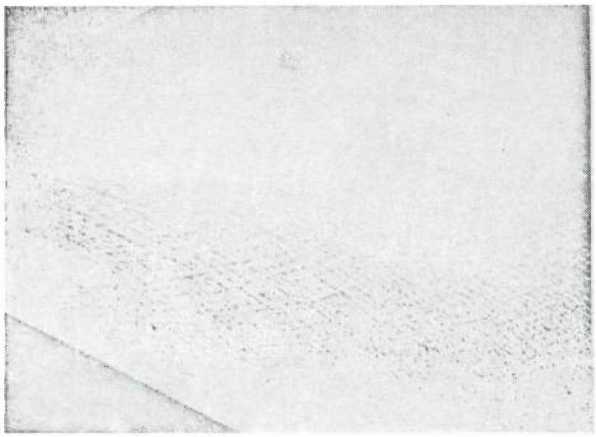


Fig. 5 — Typical Ablation Surface Cross-Hatching Pattern (Korotherm Cone at Mach 6)

Briefly summarized, the following major physical features have been found to characterize cross hatching: (1). The local inviscid flow must be supersonic ($M_e > 1$); (2). The boundary layer must be transitional or turbulent; (3). The pattern sweep angle closely follows the local Mach angle based on M_e; (4). The wavelenght is from two to four boundary layer thicknesses and varies inversely with the local pressure; and (5). The patterns occur in both two-dimensional and axi-symmetric flow for a wide variety of «thermally--responsive» surface materials (e. g., teflon, phenolics, camphor, wood and wax). These facts suggest that, at least in the early phases of growth, cross hatching is caused by a self-sustaining resonant interaction between the gas dynamic and the material ablation disturbances. Such a model can be analyzed by direct application of the present theory to the case of swept left and right--running disturbances which are periodic in the direction normal to the cross hatching. A detailed analysis of this case has been worked out for the particular example of a solid surface ablating strongly in pure sublimation. The resulting boundary layer disturbance solution is analogous to the foregoing wavy wall problem except that it is now intimately coupled to a corresponding spatially periodic solution of the wall thermal perturbation problem (Eqs. 11, 12) which is readilly obtained in close form. Further analytical details are given in Ref. 13.

Fig. 6 illustrates an importante result of the theoretical analysis: that a «resonant» interaction can indeed occur at one particular wavelength λ where the ablative mass loss in the surface valleys is a maximum. Such resonance is predicted, however, only when material heat conduction in the ξ-direction is taken into account;

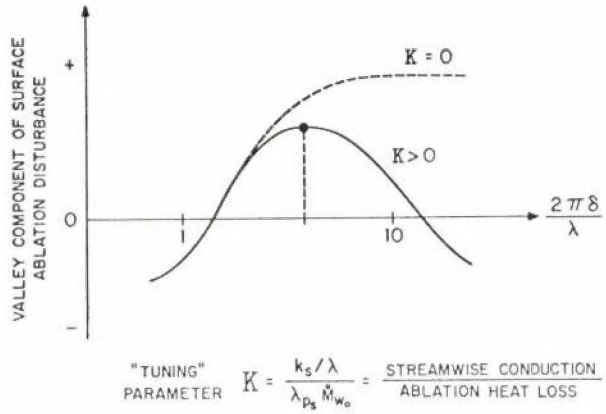


Fig. 6 — Illustration of Theoretically-Predicted Resonance Between Boundary Layer Ablation Material Disturbances

otherwise, a unique wavelength does not appear. Another important result is that the theoretical solution identifies a certain «tuning» parameter K as playing a key role in this resonant interaction, where

$$K = \frac{k_s/\lambda}{c_{ps}\,\dot{m}_{w_0}} = \frac{\text{SURFACE HEAT CONDUCTION}}{\text{ABLATION HEAT LOSS}} \tag{16}$$

The knowledge of this parameter may suggest ways to suppress cross hatching by appropriate material selection and/or distribution. It also serves as a valuable similitude parameter for correlating experimental results; for example, Fig. 7 illustrates how very well korrelates the available data on pattern wavelength over a wide range of conditions [23].

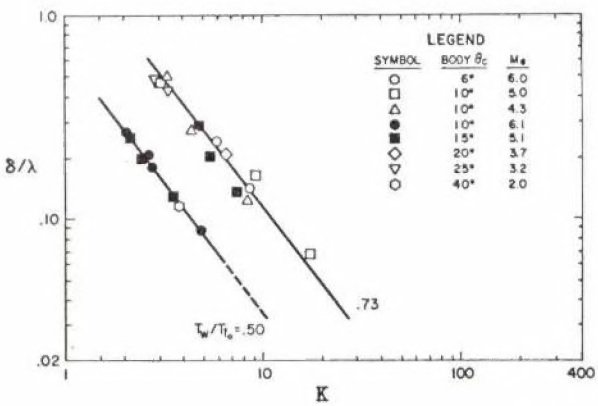


Fig. 7 — Tuning Parameter Correlation of Observed Pattern Wavelengths

4. APPLICATIONS TO ISOLATED OR DISCONTINUOUS SURFACE DISTURBANCES

4.1 *Supersonic Flow Past a Rearward-Facing Step or Suction Gap*

Although this problem has been extensively studied both theoretically and experimentally, these studies have

dealt primarily with the Chapman-Kort case where the step height h is large compared to the incoming boundary layer thickness δ and the resulting expansion around the corner is essentialy a rotational inviscid flow problem. Virtually nothing has been done for high Reynolds number flows in the opposite limit of a small step such that $h/\delta \ll 1$, as illustrated in Fig. 8. However, this latter situation is of considerable pratical interest since it arises in connection with structural skin and heat shield panel joints on large high speed vehicles (such as the space shuttle) where the heat transfer and pressure disturbances due to slight steps or gaps are of great concern.

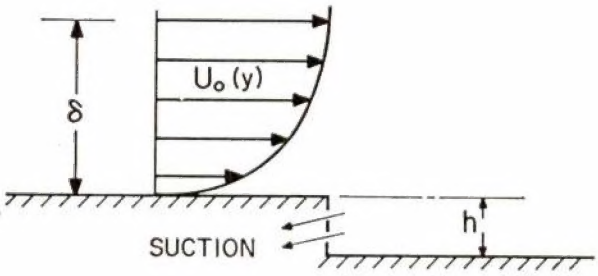


Fig. 8 — Flow Past a Small Step (Schematic)

The analysis of this small step problem falls directly within the present theoretical framework, including the effects of step sweepback and suction into the step. Thus assuming small perturbations on the incoming non-uniform boundary layer velocity and temperature profiles $U_o(y)$, $T_o(y)$ with $\varepsilon = h/\delta$ as the obvious small parameter, we have

$$u(x, y, z) = U_o(y) + \varepsilon\, u'_1(x, y, z) + \varepsilon^2 u'_2(x, y, z) + \ldots$$

$$p(x, y, z) = p_o + \varepsilon\, p'_1(x, y, z) + \varepsilon\, p'^2(x, y, z) + \ldots$$

$$T(x, y, z) = T_o(y) + \varepsilon\, T'_1(x, y, z) + \ldots$$

$$\vdots$$

$$\text{etc.} \qquad (17)$$

where to first order u'_1, p'_1, T'_1, etc are governed by precisely the perturbation equations given in Section 2. These equations are to be solved subject to the outer boundary conditions that the viscous components of the disturbances vanish exponentially while the inviscid disturbances approach outward-running Mach waves. The inner boundary conditions must reflect the fact that the wall location drops by an amount h at the origin (step) plus allowance for a possible delta function in normal perturbation velocity $\Delta v'_W$ due to suction at this origin. Consequently, if ξ is the stream wise coordinate normal to the leading edge of the step, we have the linearized wall boundary conditions at $y = 0$ that

$$\left.\begin{aligned} u'(\xi,0) &= 0,\ \xi \leq 0 \\ &= \left(\frac{dU_o}{dy}\right)_W h,\ \xi > 0 \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

$$v'(\xi,0) = \Delta v'_W \qquad (\sim \text{order } h/\delta) \qquad (19)$$

plus the corresponding thermal boundary conditions

$$\left.\begin{aligned} T'(\xi,0) &= 0,\ \xi \leq 0 \\ &= \left(\frac{dT_o}{dy}\right)_W h,\ \xi > 0 \end{aligned}\right\} \text{Fixed Wall Temp.} \qquad (20\ A)$$

or

$$\frac{dT'}{dy}(\xi,0) = 0 \ \text{(Adiabatic Wall)} \qquad (20\ B)$$

This boundary value problem can be solved in the following manner for any step sweep angle T. First, we recognize that the problem may be treated as an equivalent two dimensional one in the ξ-direction provided viscous dissipaton heatng effects are small; thus under the present simplifying assumptions, we can resolve our governing perturbations into two-dimensional form involving only the coordinates ξ and y, their respective velocity components $q' = u' \cos T + w' \sin T$ and v', and the ξ-component of the mean boundary layer flow $U_{o_n} = U_o \cos T$ and its corresponding Mach number M_{o_n}. Next, Fourier transformation with respect to ξ can be applied to reduce these equations to two sets of ordinary differential equations for the inviscid and viscous disturbance components which are of the same form as those already studied in the aforementioned applications [the pressure perturbation equation (13), for example,, still applies if α therein is replaced by the Fourier frequency variable k and $\tilde{P}(y;k)$ is interpreted as the Fourier transform of p']. These transformmed differential equations may thus be readily solved both analytically (for large and small k) and numerically in general, subject to conditions (18) - (20), and then inverted following the method described in Refs. 5 and 14. The full details of this analysis are given elsewhere [24].

In the case where the mean velocity profile may be regarded as linear across the viscous disturbance sublayer thickness δf, the foregoing approach kields some very useful and instructive closed form results for the wall pressure, skin friction and heat transfer perturbation distributions near the corner. The solution for the pressure, for example, assumes the following form in the leading approximation:

$$p'(\xi,0) = -\gamma p_o \frac{h}{\delta_f} M_{o_n}(\delta_f)\left[M_{o_n}(\delta_f) - M_{B_W}\right] g(\xi) \qquad (21\ A)$$

where $M_{o_n}(\delta_f)$ indicates the mean flow boundary layer Mach number evaluated at $y = \delta_f$, M_{B_W} is the average Mach number of injection associated with mass transfer

through the step, (negative for suction), and g (ξ) is following non-dimensional distribution function along the surface:

$$g(\xi) \simeq \frac{M^2_{o}(\delta_f)}{M^2_{o_e}} e^{\xi/l_u} , \left(\frac{4\delta_f}{\pi y_s}\right) e^{\xi/y_s} , \xi < 0 \quad (21\ B)$$

Large Scale Small Scale

$$\simeq \frac{4\delta_f}{\pi y_s} e^{-3\xi/y} , \xi > 0 \quad (21\ C)$$

Here, y_s denotes the sonic height in the mean Mach number profile [M_{o_n} (ys) = 1], while l_u is the so-called «upstream influence» distance originally defined by Lighthill [14] in terms of the basic undisturbed flow friction coefficient $C_{f_{n_o}}$ as

$$\frac{U_{e_n} l_u}{\nu_e} \simeq 2.87 \left(\frac{T_w}{T_e}\right)^{5/4} C_{f_{n_o}}^{-5/4} \beta_{eN}^{-3/4}$$

which is related to δ_f by $\delta_f / l_u \simeq .486 (C_{f_{n_o}} \beta_{eN})^{-1/2}$ Eq. (21) illustrate a major feature of the present theory, namely its ability to account for upstream influence in the disturbance field. In particular, Eq. (21 B) shows that the upstream influence of the step is composed of two contributions: a large scale expansion over a distance of order $\xi \sim l_u$ which is discontinuous at the step (the first term on the right of Eq. 21 B) and a small scale «inner» expansion region $\xi \sim y_s << l_u$ which is continuous across the step (the last terms in Eqs. 21 B and 21 C). * This physical behavior is illustrated qualitatively in Fig. 9. The corresponding skin friction and heat transfer variations are found to be

$$\tau'_w \simeq - \left| \frac{p'(\xi, 0)}{g(\xi)} \right| . h(\xi) \quad (23\ A)$$

where

$$h(\xi) = \frac{\delta_f}{l_u} \frac{M^2_{o}(\delta_f)}{M^2_{o_e}} e^{\xi/l_u} , \frac{4}{\pi}\left(\frac{\delta_f}{y_s}\right)^2 e^{\xi/y_s} , \xi < 0$$

Large Scale Small Scale

(23 B)

$$= \frac{-12}{\pi}\left(\frac{\delta_f}{y_s}\right)^2 e^{-3\xi/y_s} , \xi > 0 \quad (23\ C)$$

and

$$\dot{q}'_w / \dot{q}_{w_o} \simeq \tau'_w / \tau_{w_{N_o}} \quad (24)$$

These solutions, which are also illustrated in Fig. 9, yield the expected result that the expansion ahead of the step intensifies the local shear and heat transfer. Note also that they predict a discontinuous decrease and

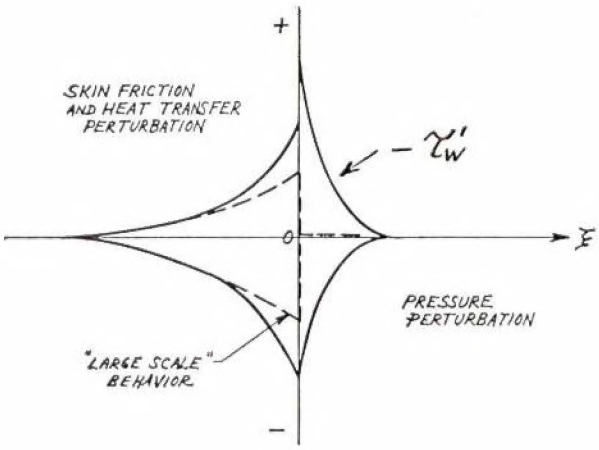


Fig. 9 — Typical Wall Pressure and Heat Transfer Perturbation Distributions Near Step with Suction

sign change across the step owing to the jump in both magnitude and sign for the axial pressure perturbation gradient. A comprehensive numerical study of general solutions to the present problem for the case of a non-linear mean turbulent velocity profile and comparisons with a related experimental study are currently in progress.

4.2 *Isolated Proturberances and Roughness Elements*

Consider first protuberances such as those associated with trip wires or grooves where the length to height ratio is sufficiently large that the span may be regarded as essentially infinite. The analysis of the resulting disturbances proceeds in the same manner as described above for the rear-facing step problem except that the te surface boundary conditions involve the particular protuberance shape of interest. Thus the disturbance flow can be resolved into an equivalent two dimensional problem with respect to the direction ξ normal to the length of the protuberance, and then Fourier-transformed with respect to ξ to obain two sets of ordinary differential equations in y identical to those in the step and wavy wall problems. These equations are readily solved in the manner already discussed.

Turning to the more general case of small isolated roughness elements or dimples in the surface, we now must deal with a general three dimensional disturbance field in x, y, z [a special case here, of course, would be rotationaly-symmetric disturbance shapes depending on the coordinate $r = x^2 \times z^2)^{1/2}$]. For such problems, the solution equations (1) - (10) can be effected by using a *double* Fourier transformation with respect to both x and z in connection with specification of the boundary conditions for the three dimensonal pressure, velocity and temperature disturbances in terms of the protuberance shape. The resulting ordinary differential equations

* Lateral pressure gradient effects become large in this region. [24]

are similar to (but not the same as) those already discussed and may be treated by well known analytical methods. The results yield the distribution around the neighboring surface of the heat transfer (and, if desired, the ablation) disturbance caused by any given shape and size of roughness element.

5. CONCLUDING DISCUSSION

The main purpose of the present paper has been to show how a number of important problems involving the thermal interaction between boundary layer and surface disturbances can be analyzed in the first approximation within a unified theoretical frame work, including the combined effects of a non-uniform laminar ou turbulent boundary layer profile, upstream influence and lateral pressure gradients in the disturbance field, compressibility and heat transfer, and either injection or ablation from the surface. In addition to the foregoing illustrative examples, there are several other important problems which appear amemable to the present approach. In conclusion, we shall briefly discuss them.

(a) The influence on heat transfer of steady streamwise vortices in a compressible laminar or turbulent boundary layer. The frequent occurance of such vortices from a variety of physical circumstances is well known [27]. Assuming that they are periodically distributed in the spanwise (z) direction at some height within the boundary layer, the present theory can be used in conjunction with Fourier transformation on x to analyze the resulting dynamic and thermal disturbance fields across the boundary layer and their interaction with the surface. Unlike the periodic wavy-surface solutions discussed in Section 3, however, the resulting ordinary differential equations in y show strong coupling between the cross-flow, streamwise and normal velocity components.

(b) Heat transfer and skin friction in incipiently--separated boundary layer flows. In the two applications discussed in Section 3, the basic boundary layer flow was to be in zero pressure gradient; however, within the limitations of the parallel flow approximation, the general theory in Section 2 does not require this restriction since it treats small perturbations about *any* type of boundary layer profile. Consequently, by choosing the mean boundary layer state to be one characteristic of an adverse pressure gradient we can study the behavior small disturbances pertaining to incipient separation. A schematic illustration of this idea is given in Fig. 10. The ability of the present approach to treat the effects of upstream influence, laeral pressure gradient and heat transfer would be of particular value in such a study.

(c) Three dimensional disturbances in high speed roattaching boundary layers. It is well-known that nominally two-dimensional reattaching shear layer flows exibit appreciable three-dimensional effects in the form of periodic lateral variations. For example, Fig. 11 illustrates a typical sublimation pattern associated with such effects observed in the reattachment region downstream of a backward-facing step. [28] The present theory, upon generalization to include streamwise in the *mean* flow (which are very important near reattachment), can be nicely adapted to study this problem. Both the effects of weak streamwise vortices already present in the main flow upstream of reattachment and the development of purely local three-dimensional disturbances unique to the reattachment process iselfcanbe treated and compared

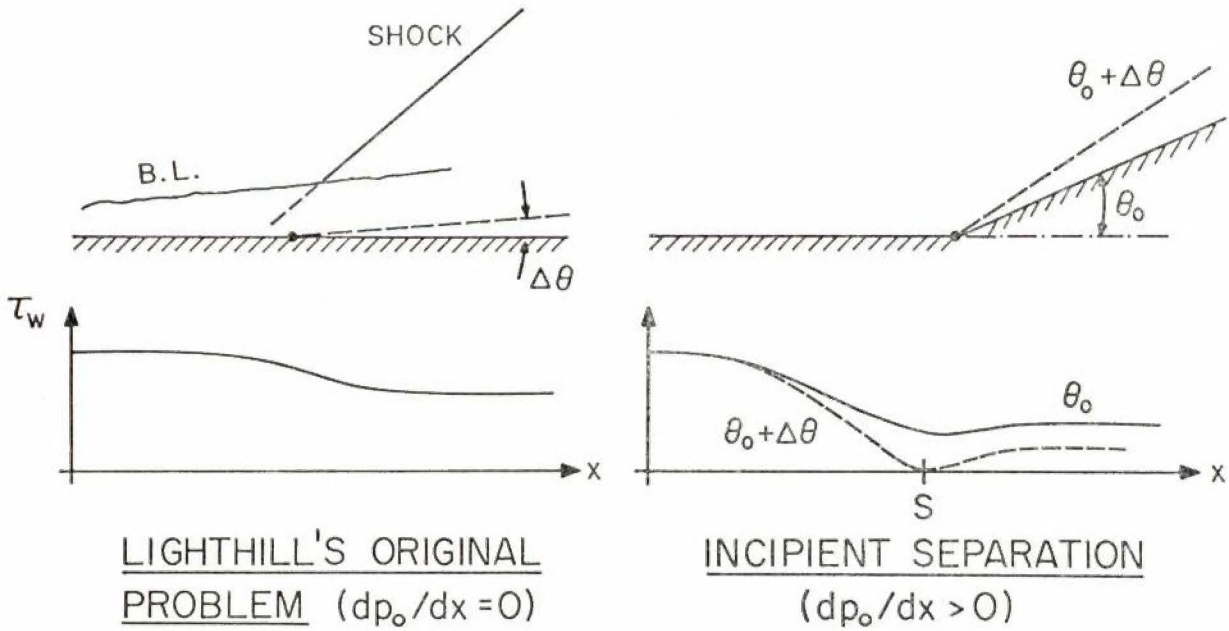


Fig. 10 — Small Perturbation of an Incipiently-Separating Boundary Layer

for either a laminar or turbalent mean flow profile. Investigation of this problem by the authors is currently in progress.

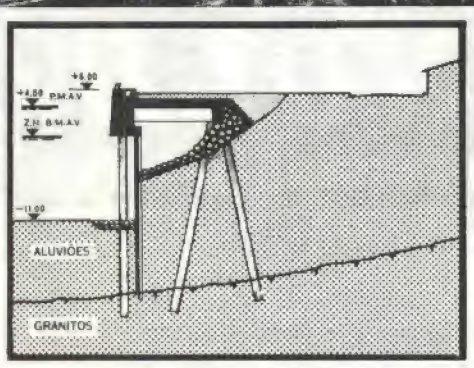
Fig. 11 — Spanwise Disturbance Pattern in a High Speed Reattaching Shear Layer.

REFERENCES

1. Mateer, G. G., «Effects of Discrete Roughness on Heating», NASA Space Shuttle Aerothermodynamics Tecnology Conference, Ames, Dec. 15, 1971.
2. Bertram, M. H. et al., «Heat Transfer to Wavy Wall in Hypersonic Flow», *AIAA Jour. 5*, Oct. 1967, pp. 1760-1767.
3. Larson, H. K. and G. G. Mateer, «Cross-Hatching: A Coupling of Gas Dynamics with the Ablation Process», AIAA Paper 68-670, June 1968.
4. Lees, L. and E. Reshotko, «Stability of the Compressible Laminar Boundary Layer, «*Journal of Fluid Mechanics*, 12, No. 4, pp. 555-590, 1962.
5. Lighthill, M. J., «Reflection at a Laminar Boundary Layer of a Weak Steady Disturbance to a Supersonic Stream, «*Quart. Jour. Mech. and Appl. Math, Vol. III*, No. 3, pp. 302-325, 1950.
6. Benjamin, T. B., «Shearing Flow over a Wavy Boundary», *Jour.Fluid Mech. 3*, pp. 161-250, 1959.
7. Brown, W. B., «Stability of Compressible Boundary Layers», *AIAAJour. 5*, pp. 1753-59, 1967.
8. Graebel, W. P., «On Determination of the Characteristic Equations for the Stability of Parallel Flows *Jour. Fluid Mech. 24*, 3, pp. 497-508, 1966.
9. Lew, H. G. and H. Li, «The Role of the Turbulent Viscous Sublayer in the Formation of Surface Patterns», General Electric Missile and Space Syst. Sci. Lab. Report R68SD12, 1968.
10. McClure, J. D., «On Perturbed Boundary Layer Flows», M. I. T. Fluid Dyn. Res. Lab. Report 62-2, 1962.
11. Davis, R. E., «On the Turbulent Flow Over a Wavy Boundary», *Jour. Fluid Mech. 42*, 4, pp. 721-731, 1970.
12. Kutateladze, S. S., «The Stability Problem in the Wall Turbulence Theory», *Soviet Research-Heat Transfer 3*, No. 4, July-Aug. 1971.
13. Inger G. R., «Compressible Boundary Layer Flow Past a Swept Wavy Wall with Heat Transfer and Ablation», Von Kármán Institute for Fluid Dynamics Tech. Report 67, Brussels, Belgium, Dec. 1970 (to be published in Astronautica Acta).
14. Lighthill, M. J., «On Boundary Layers and Upstream Influence; II, Supersonic Flows without Separation,» *Proc. Royal Soc. A 217* pp. 478-507, 1953.
15. Inger, G. R. and E. P. Williams, «Subsonic and Supersonic Flow Past a Wavy Wall», AIAA Journal (to be published).
16. Williams, E. P. and G. R. Inger, «Investigations of Ablation Surface Cross-Hatching», SAMSO TR 70--246, McDonnel Douglas Astronautics, June 1970.
17. Inger, G. R., «Discontinuous Supersonic Flow Past an Ablating Wavy Wall», *AIAA Jour. 7*, pp. 762-64, 1969.
18. Matellucci, H. ,H. Rie and J. F. Sontowski, «Evaluation of Several Eddy Viscosity Models Through Comparison with Measurements in Hypersonic Flows», AIAA Preprint 69-688, 1969.
19. Larson, H. K., and G. Mateer, «Cross-Hatching: A Coupling of Gas Dynamics with the Ablation Process», AIAA Paper 68-670, 1968.
20. Laganelli, A. L., and D. E. Nestler, «Surface Ablation Patterns: A Phenomenology Study», *AIAA Jour.*, 7, pp. 1319-1325, July 1969.
21. Williams, E. P. and G. R. Inger, «Ablation Surface Cross Hatching on Cones in Hypersonic Flow», *AIAA Jour. 9*, pp. 2077-78, 1971.
22. McDevitt, J. B., «An Exploratory Study of the Roll Behavior of Ablating Cones», AIAA Paper 70-562, May 1970.
23. Grabow, R., Aeroneutronics Div., Philco-Ford (private communication).
24. Inger, G. R., «High Speed Boundary Layer Flows Past a Small Rearward-Facing Step Including Suction», V. P. I. & S. U. Aerospace Engineeering Dept. Report (in preparation).
25. Hopkins, E. J., S. J. Keating and A. Bandettini, «Photographic Evidence of Streamwise Arrays of Vortices in Boundary Layer Flow», NASA TN D-328, 1960.
26. Ginoux, J., «On Some Properties of Reattaching and Transitional High Speed Flows», Von Kármán Institute TN 53, Brussels, 1969.

NOVOS CAIS NO PORTO DE LEIXÕES

A. GOMES-CT/73



NOVOS MÉTODOS DE TRABALHO

PROJECTO E EXECUÇÃO DE

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, S.A.R.L.

- CORRENTES DE PRECISÃO desde 0,25" até 4,50" de passo
- ACIONAMENTOS EM ESTOQUE até 700 HP à 550 RPM
- ACIONAMENTOS PADRONIZADOS até 4250 HP à 300 RPM
- CORRENTES 'NON-LUB' para locais de lubrificação impraticavel
- CORRENTES SIMPLES DE ROLOS EM AÇO INOXIDAVEL para aplicação especializada

monte a transmissão completa utilizando

OS PRODUTOS RENOLD PARA A TRANSMISSÃO DE FORÇA

* ou redutores, corrente transportadora, luva de acoplamento, embreagem, freio, variador de rotação etc.

Informações técnicas sobre a linha completa de produtos RENOLD na

RENOLD

RENOLD LIMITED
SALES DIVISION
MANCHESTER · ENGLAND

RENOLD HOLROYD Crofts CARTER

HARKER SUMNER & CIA.LDA.
38 Rua de Ceuta, 48 PORTO
Apartado No. 162. Tél: 27054 (4 linhas)
14 Largo do Corpo Santo, 18 LISBOA-2
Tél: 324823, 35124.

C. D. U. 621.9:338.45

PRODUÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS EM PEQUENA SÉRIE (*)

PROF. LUCIANO DE OLIVEIRA FARIA
Director Geral do CIMAF
(Centro de Cooperação dos Industriais de Máquinas-Ferramentas)

RESUMO

O autor começa por definir as características técnicas e de evolução das máquinas-ferramentas, bem como as características de produção em pequena série e as das pequenas e médias empresas. Estuda a seguir os problemas económicos relacionados com a produção de máquinas-ferramentas em pequena série e tenta a compatibilização das características destas máquinas com o seu fabrico e com as empresas que as produzem.

Termina frizando a importância da produção em pequenas séries de máquinas — ferramentas na estrutura industrial e no desenvolvimento dos países em vias de evolução.

SUMMARY

The author defines the technical and evolutionary characteristics of machine-tools, as well as the characteristics of production in small series and those of small and medium size companies. He makes a review of the economic problems of the production of machine-tools characteristis in small series and tries to establish a compatibility between the machine-tool characteristics, their production and those of manufacuring companies. The importance of machine-tool production, in small series, for the industrial structure and the future of developping countries is put in evidence.

ÍNDICE

1 — Características técnicas e de evolução das máquinas-ferramentas.
2 — Características de produção em pequena série.
3 — Características das pequenas e médias empresas.
4 — Problemas económicos de produção de máquinas-ferramentas em pequena série.
5 — Compatibilização das características das máquinas, da sua produção e das empresas que as produzem.
6 — A importância da produção em pequenas séries de máquinas-ferramentas na estrutura industrial e no desenvolvimento dos países em vias de evolução.

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DE EVOLUÇÃO DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS

1.1 As máquinas-ferramentas são caracterizadas pela sua capacidade de produção e pela precisão com que executam as formas das peças por elas trabalhadas. Sem se pretender fazer uma lista exaustiva de todas estas características, mas apenas desejando pôr em relevo aquelas que são mais importantes, referem-se as seguintes:

— características de corte e deformação;
— características de rigidez das estruturas e actuação dos comandos;
— precisão dos órgãos de guia e dos deslocamentos realizados pelos comandos.

1.2. Têm estas características vindo a marcar a sua influência na evolução das máquinas-ferramentas. Na verdade à medida que a rigidez e a potência das máquinas tem aumentado, tem sido possível acelerar as velocidades de corte ou de deformação, conforme o tipo de máquina,reduzir as tolerâncias de fabrico, aumentar em resumo a produtividade e a qualidade do fabrico, reduzindo consideravelmente os custos de produção.

Basta lembrar que no século XVIII quando Watt quiz construir a sua máquina de vapor, as máquinas usadas conseguiram uma precisão de ordem do centímetro, ao passo que um século depois atingiam-se tolerâncias da ordem do micron.

1.3 A evolução das máquinas-ferramentas deve-se não só à evolução da própria concepção mas também e em grande parte ao desenvolvimento de outras indústrias essenciais, como sejam por exemplo:

(*) Relatório apresentado ao seminário regional «A máquina-ferramenta na América Latina», organizado pelo UNIDO Buenos Aires, S. Paulo — Outubro, 1972).

a) Materiais — a evolução dos estudos metalúrgicos e de outros relativos aos materiais permitiu reduzir as dimensões dos órgãos (por exemplo, as engrenagens), usar ferramentas de alto poder de corte ou de deformação, melhorar as condições de corte ou de contacto entre órgãos pelo desenvolvimento dos óleos e massas lubrificantes e dos óleos de corte.

b) Electrónica — o avanço vertiginoso deste sector transformou totalmente os comandos, automatizando-os fortemente, ou programando a sua actuação, ou ainda mais recentemente controlando a par e passo os erros cometidos e corrigindo-os (controle adaptado).

c) Fluidica — o nascimento deste novo ramo da engenharia veio alterar as possibilidades de comando, isoladamente ou em combinação com a electrónica.

Tem vindo pois a máquina-ferramenta a incorporar os avanços conseguidos pelas indústrias de ponta e de tal modo que constitui hoje ela uma indústria de ponta não só devido a essa incorporação, mas também devido à evolução própria que lhe foi introduzida pela investigação em laboratórios e pelo desenvolvimento nas fábricas. Sem essa evolução não seria possível fabricar peças de forma tão complicada e de tal alta precisão, nem atingir em série tão elevadas a custo tão baixo.

O que acaba de dizer-se não tem a preocupação de uma caracterização total e completa das máquinas-ferramentas, mas apenas tem o objectivo de dar uma ideia sumária do problema.

2. CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO EM PEQUENA SÉRIE

Refere-se seguidamente este ponto, não porque as características de produção em pequena série não sejam conhecidas, mas para sistematizar a exposição.

A produção peça a peça, de muito pequenas séries (digamos 10 a 20 peças de cada vez), conduz à utilização de meios específicos de produção simples no que respeita à repetitividade.

Assim as máquinas-ferramentas utilizadas são em regra do tipo convencional, não se justificando por isso:

— o empregado de máquinas automatizadas ou de grande produção (exemplo: tornos automáticos, tornos de comando numérico, prensas com comando por programa, etc.);

— o emprego de máquinas de fins múltiplos que numa só montagem permitem executar várias operações simultâneamente ou separadamente;

— o emprego de máquinas com dispositivo de transferência.

Assim as máquinas clássicas, tornos paralelos, fresadoras, rectificadoras, etc. são as mais utilizadas, pedindo-se em regra ao operário uma habilidade manual muito grande, não só na execução das peças, mas muito especialmente na montagem de sub-conjuntos ou das máquinas: os ajustamentos, as rascagens, etc. são operações importantes de fabrico. O controle das peças fabricadas é executado peça a peça, ou pelo próprio operário ou por controlador especializado.

Falta por fim considerar o que se passa a montante e a jusante deste fabrico, e que não pode de forma nenhuma ser ignorado na produção em pequenas séries, pois faz parte do ciclo completo: estudo e preparação do trabalho, controle final.

Ora esta situação que acabamos de descrever é a que se verifica em empresa pouco evoluídas, mas não queremos deixar de assinalar, que já hoje, em pequenas séries, as máquinas com dispositivo de cópia e mesmo com controle numérico podem ter lugar.

Lembremos a título de apontamento o exemplo citado por M. Kronenberg (*) do fabrico de 6 peças em que se poupa cerca de 60% de tempo ao usar um torno de comando numérico, em comparação com o torno copiador. Não se pretende negar a validade do estudo, o que falta é saber se esse estudo é igualmente válido quando aplicado noutra empresa, dispondo de uma estrutura técnica e administração diferentes.

É por isso que atraz referimos que não basta considerar as operações de fabrico, mas também temos de atender a todo o conjunto empresarial, dispondo de uma dada organização.

Com efeito não basta numa empresa de produção de equipamento em pequenas séries substituir duas ou três máquinas usadas por uma única que produza dez vezes mais que as primeiras. Há que pensar no destino a dar à mão de obra, se ela é ou não adequada às novas máquinas, se o regime de trabalho terá ou não de ser alterado (1, 2 ou 3 turnos), a existência de um trabalho a montante mais evoluido (preparação do trabalho), e por fim o estudo económico sobre a alteração deverá decidir sobre a vantagem de substituição.

Ao apresentar duas situações alternativas desejamos apenas salientar que não é possível caracterizar por uma forma simples a produção em pequenas séries, pois hoje já é possível fabricar protótipos em máquinas relativamente evoluídas, muito embora estas se diferenciem bastante das destinadas à produção em grandes séries.

Em resumo a produção em pequenas séries vai influenciar e caracterizar a organização e a estrutura das empresas, que a ela se dedicam, exigindo dos quadros uma grande capacidade e flexibilidade para estudar e se adaptar a cada caso de produção que surge, bem como uma estrutura com um planeamento de produção de fácil adaptação.

(*) Max Kronenberg, «Trends in the design of metalworking machinery and in production methods», United Nations, New York 1969, p. 264.

3. CARACTERÍSTICAS DAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

3.1 Não é fácil de caracterizar as pequenas e médias empresas (P. M. E.), pois não só se podem usar vários pesos e medidas — pessoal, capital e reservas, volume de negócios — como também a escala poderá variar de país para país.

Para efeitos do presente estudo consideraremos que as P. M. E. se caracterizam por pessoal reduzido (inferior a 100 pessoas) e por terem meios humanos, financeiros e de produção reduzidos, que lhes são premite, de um modo geral, bastarem-se a si próprias no estudo e na resolução de problemas de organização, de comercialização, de investigação aplicada nos seus produtos.

No que respeita à gestão caracterizam-se as P. M. E. por estar entregues a um número muito reduzido de pessoas, muitas vezes uma só, que detém os comandos de cada empresa, e que actuam simultâneamente em áreas múltiplas-técnica, administrativa comercial.

Esta característica traduz-se naturalmente em inconvenientes e vantagens indiscutíveis. Pela actuação em áreas diversas o gerente da empresa não pode em rigor dominá-las convenientemente, pelo que «se refugia» na zona que melhor conhece desprezando as outras, com graves riscos para o equilíbrio do conjunto. Por outro lado à medida que as empresas se desenvolvem a concentração de poderes num só homem ou num número muito reduzido de homens pode frenar a evolução, se não forem criadas simultâneamente estruturas adequadas.

Em contra-partida a existência de uma ou duas pessoas, na qualidade de gerentes, muito próximo da execução, em especial da produção, cria um clima estimulante que leva o restante pessoal a colaborar não só na execução dos produtos, mas também contribuir com as suas ideias — se o patrão o permite — para o desenvolvimento dos mesmos.

3.2 Modernamente tem-se evitado ligar a noção de pequena e média empresa à de uma unidade industrial com fraca rentabilidade económica.

Para cada actividade existe uma dimensão óptima. Será para esta dimensão que deverão tender todos os projectos realizados com o objectivo da implantação de fábricas ligadas a esse sector industrial.

Todavia, esta dimensão modifica-se bastante com a área geográfica na qual se procura instalar essa unidade e ainda muito particularmente com o estado de crescimento do país onde essa área se situa. Esta noção deverá ser corrigida naqueles países onde existem acentuadas diferenças entre os estados de crescimento de diferentes regiões.

Estas diferenças de dimensão entre unidades pertencentes ao mesmo sector industrial e localizadas em áreas de estrutura económico-social diferenciada, são normalmente compensadas pelas chamadas vantagens do estado de desenvolvimento destas mesmas áreas.

Verifica-se, no entanto, nos projectos bem dimensionados e equilibradamente realizados a um, tendência para se atingir essa dimensão, ao mesmo tempo que, com o rodar dos anos, se alteram as condições de crescimento desse país.

O binómio utilização do factor humano e da máquina é consideração da maior importância muitas vezes, principalmente pela falta de cultura e consequentemente pela falta de adaptação que as populações de áreas sub-desenvolvidas apresentam a novos tipos de empregos. A mão de obra barata na execução de tarefas que impliquem elevada tecnicidade é na maior parte das vezes desaconselhável. A sua falta de produtividade anula muitas vezes o seu baixo custo.

Por isso, e voltando à noção de pequenas e médias empresas teremos ainda que admitir ser essa forma a mais economicamente viável para o desenvolvimento de determinadas actividades, que se adaptavam às condições da generalidade da mão de obra mais disponíveis.

Nos países em vias de desenvolvimento existe falta de técnicos. A procura não é satisfeita, o seu preço tem por vezes expressões inconciliáveis com as médias salariais desse mesmo país. Assim, em puros termos de rentabilidade privada, pondo portanto de parte as exigências nacionais de crescimento, é muito mais interessante a realização de investimento em pequenas e médias empresas que desenvolvam actividades conciliáveis com a cultura da maioria da mão de obra disponível.

4. PROBLEMAS ECONÓMICOS DE PRODUÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS EM PEQUENAS SÉRIES

4.1 Ao considerar o aspecto económico da produção deve atender-se que se o fabrico de uma dada máquina num dado instante e num dado país se não revela economicamente competitivo isto não significa à priori que tal ideia se possa generalizar. Há pois que analisar os aspectos globais que o fabrico envolve antes de considerar um dado fabrico, ou de corrigir uma dada orientação.

4.2 O construtor deve saber antecipadamente que não interessa fabricar *qualquer* máquina; o que interessa propriamente é construir uma máquina que sirva a clientela a que se destina, quer pelas características técnicas, quer pelo preço.

4.3 Isto significa que uma empresa construtora tem que atender no projecto da máquina e na estrutura da sua sua organização a:

a) problemas de comercialização — estratégias a adoptar, análise das necessidades dos seus clientes;

b) problemas de vendas — qualidade dos agentes de vendas, agressividade nos mercados, aptidão para efectuar estudos de utilização das máquinas em face das exigências dos clientes;

c) capacidade tecnológica, que pode revestir vários graus e que:

— num mais alto grau respeita à possibilidade de efectuar investigação e de conhecer os resultados da investigação internacional;
— num grau menor pode respeitar à possibilidade de efectuar desenvolvimento através de ensaios e de estudos em laboratórios;
— num grau ainda menor diz respeito a possibilidade de efectuar projectos baseados na experiência própria e na avaliação das necessidades do ou dos mercados (este é o caso mais corrente quando se considera a produção das pequenas séries);

d) capacidade de fabrico que resulta de:

— equipamento fabril e máquinas disponíveis;
— organização (gestão, disposição geral da fábrica, compra de matérias primas e acessóros, controle de qualidade);
— mão de obra (grau de especialização do pessoal).

Não cabe dentro deste relatório uma análise exaustiva destes problemas enunciados — apenas a um ou outro faremos referências mais desenvolvida, mas o que desejamos pôr em relevo é que a economia da produção de máquinas-ferramentas não é uma simples questão de número de horas de fabrico, mas uma questão muito mais complexa que começa na comercialização e na venda e termina no fabrico e na capacidade tecnológica.

4.4 Não basta ainda considerar os aspectos atraz focados que definimos como intrinsecos à fabricação. Há aspectos extrinsecos da maior relevância que podem inverter nitidamente a situação económica do problema.

Uma dada empresa não vale apenas por si, pois é um elo da cadeia que constitui a estrutura económica de uma região ou de um país e por isso sofre a interação dos outros elementos da cadeia, interação que se traduz na influência extrinseca acima referida. Por isso ao analisarmos em mais pormenor cada um desses factores faremos particular referência a essa influência.

4.5 A evolução das necessidades do mercado e a sua dimensão podem constituir um elemento favorável ou desfavorável à indústria. Com efeito um mercado muito pequeno e pouco exigente não estimula os fabricantes e, se as necessidades forem muito variadas, a concorrência estrangeira pode desencorajar ou anular os esforços de um ou de alguns pequenos fabricantes que actuem isolados e não disponham de apoio. Se por outro lado as necessidades evoluem muito rapidamente um pequeno fabricante pode não ter estrutura para acompanhar a velocidade da evolução.

Este aspecto, assim como outros que referiremos a seguir, põe o problema da cooperação inter-industriais e da ajuda estatal, problema a que não deixaremos de aludir mais adiante.

4.6 A organização do mercado numa região ou num país é factor extremamente poderoso de estímulo ou de desânimo. Se os vendedores constituem uma verdadeira cortina entre os fabricantes e os compradores, aqueles não recebem directamente a reacção destes e ficam nas mãos dos comerciantes, quer por seu turno e na maioria dos casos não dispõem de estrutura técnica capaz.

Esta acção de cortina verifica-se devido ao poder financeiro dos comerciantes que pode ser muito superior ao dos industriais e à falta de agressividade destes no mercado. Os comerciantes falham na sua verdadeira missão, por falta de técnica de marketing e por falta de estrutura para proporcionar assistência técnica na venda e pós-venda, limitando-se a vender máquinas-ferramentas, como qualquer outro produto, procurando vender o máximo sem curar de saber se a máquina é ou não adequada ao cliente. O fabricante, não tendo estrutura comercial para dialogar com o cliente, limita-se a saber da aceitação dos seus produtos pela maior ou menor venda e só por acaso poderá corrigir os defeitos que apenas o uso revela e que portanto só o cliente pode assinalar.

Se por outro lado os fabricantes não assinam contratos de venda, podem não ter um mínimo de produção assegurado, sentindo dificuldades no escoamento dos seus produtos: ou fabricam para stock sem conhecerem as necessidades do mercado, ou aguardam que as encomendas firmes lhes sejam passadas, donde resulta muitas vezes prazos incomportáveis e preços incompatíveis com a concorrência. A perda do lugar do fabricante no mercado concorrencial pode tornar-se um facto dentro de curto prazo.

4.7 A capacidade tecnológica pode estar na base do êxito do lançamento de uma nova máquina, paralelamente com a acção da comercialização.

A experiência mostra que uma empresa mesmo sem tradição, com boa capacidade tecnológica, pode impôr-se mais fácil e rapidamente num mercado novo.

A capacidade tecnológica que é um factor intrinseco pode pois ter um aspecto extrinseco ao combater a tradição de outros fabricantes conhecidos oriundos de países fortemente industrializados.

4.8 Os factores que afectam a capacidade de fabrico são igualmente intrinsecos, mas tem como no caso anterior incidências extrínsecas de grande importância.

4.8.1 Assim a existência de uma estrutura industrial de um país ou de uma região que favoreça a aquisição de matérias primas e de acessórios e órgãos a incorporar nas máquinas-ferramentas é muito favorável ao desenvolvimento do sector. Com efeito a importação em pequenas quantidades, ou de certos produtos, nem sempre é possível ou fácil, obrigando o construtor a fabricar *quase todas* as peças por preços exorbitantes ou então a socorrer-se de fabricos de qualidade deficiente.

Este aspecto é muito importante pois o custo de matérias primas e acessórios incorporados, pela sua incidência no preço de custo, pode tornar economicamente inviável um fabrico. Com efeitos os materiais

a incorporar numa máquina-ferramenta antes de sofrerem qualquer transformação atingem 25% a 40% do preço de custo.

Quase se pode afirmar que se o construtor não dispõe de acesso a fundições de boa qualidade ou a caldeirarias que executem as estruturas soldadas convenientemente, então não é possível nessa região, ou nesse país, implantar uma indústria de máquinas-ferramentas.

A solução que consiste em dispor de uma fundição própria só é adequada se o volume de fabrico a justificar economicamente. A experiência de estudos de diagnóstico em pequenas empresas leva a aconselhar em muitos casos a eliminação da secção de fundição; é assunto que deve ser estudado em separado do restante das outras secções pois a análise global não conduz a resultados exactos.

No que respeita a secção de caldeiraria não é fácil de tomar uma posição tão nítida como em relação à fundição mas igualmente se recomenda uma análise cuidada do funcionamento de tal secção.

Quanto à aquisição dos restantes acessórios e peças constituintes há dois aspectos a considerar:

a) Ou as peças podem ser fabricadas pelo construtor da máquina (exemplo: capota de um dispositivo);

b) Ou os acessórios só podem ser fornecidos por outros construtores (exemplo: motor eléctrico).

No primeiro caso as peças só devem ser fabricadas pelo construtor se tal fabrico não obriga a investimentos onerosos e o tipo de fabrico é do mesmo género. Isto é, se se trata do exemplo referido (capota), como peça é de chapa fina e não exije a mesma precisão que as peças de mecânica constituintes principais da máquina, é em regra inconveniente o fabrico numa mesma oficina de peças de precisão diferente, pois os operários habituados a uma dada orientação terão tendência a fabricar com o mesmo cuidado as peças, encarecendo imenso o seu fabrico. É evidente que em produção em grande série o problema é totalmente diverso.

No segundo caso há que ter em atenção no projecto que a escolha de acessórios seja adequada no que respeita ao seu aprovisionamento, isto é, deve recorrer-se a acessórios de uso corrente no mercado, evitando por isso o recurso a equipamento de características especiais. Tais considerações não se aplicam obviamente a grandes séries, em cujo estudo se pode justificar o emprego de acessórios especialmente adaptados.

4.8.2 No que respeita ao equipamento a produção em pequenas ou grandes séries pode ser determinante dos tipos e características a escolher. Já foram feitas duas breves alusões a este aspecto, a primeira ao referirmo-nos às características da produção em pequena séries (veja-se secção 2), a segunda ao referir o problema do fabrico de acessórios pelo próprio construtor (veja-se secção 4.8.1).

Analisemos agora em maior pormenor o que se passa propriamente em relação ao fabrico das máquinas, embora deixando de fora o equipamento de tipo corrente. É no equipamento de tipo especial que surgem problemas de total utilização e rentabilidade. Por exemplo um construtor de tornos cuja produção varie entre 5 e 10 tornos por mês, dificilmente pode justificar a aquisição de um equipamento de tratamento térmico e de rectificação das guias de barramento. Mas sem esse tratamento e sem essa rectificação o torno dificilmente poderá ser considerado como tendo as qualidades mínimas para se impôr no mercado. A solução de problemas desta natureza será referida mais tarde.

Outro aspecto diz respeito ao material de controle: equipamento caro mas de utilização frequente pelo serviço de controle do fabricante. Por isso é inevitável que o fabricante disponha do material mais corrente, mas necessita certamente de apoio exterior para os equipamentos mais caros.

4.8.3 A organização de uma empresa é elemento primordial nos resultados económicos da sua exploração. A dificuldade do gerente residirá em escolher o tipo de organização e até onde esta deve ir. É sabido que o peso económico de um sistema de organização pode ser exagerado numa dada empresa; assim a sua introdução numa empresa de fraca rentabilidade se não for devidamente pesada, pode piorar ainda mais essa rentabilidade. O problema só se resolve aumentando então a produção, situação para a qual a empresa pode não estar preparada por não dispor de estrutura comercial adequada. E a situação económica e financeira irá piorando e assim de seguida.

Em resumo para cada nível de produção, mesmo em pequenas séries, há que escolher o nível de organização e de gestão que lhe corresponde.

4.8.4 O problema da mão de obra é muito importante nas pequenas séries, como já se assinalou atrás nas secções 2 e 3. Apenas cabe aqui pois um pequeno comentário quanto à necessidade de enquadramento dessa mão de obra a fim dela se retirar o rendimento devido. Esta necessidade é tanto maior quanto menor for o grau de desenvolvimento do país ou da região.

4.9 Há um aspecto que sem desejarmos aprofundar não queremos deixar de aflorar. Trata-se das máquinas de grande porte e dimensões. Por via de regra as grandes prensas, os tornos com grande distância entre pontos, as quinadeiras de grande capacidade, não são fabricadas para stock como as máquinas de menor porte e de uso mais corrente.

Por isso as grandes máquinas são em regra fabricadas em muito pequenas séries, muitas vezes constituindo autênticos protótipos. Neste caso, e aparentemente, os construtores pouco evoluídos estariam em igualdade com os mais evoluídos e poderiam eventualmente competir com estes.

O problema realmente é mais complicado visto que o projecto de grandes máquinas traz novos problemas ao construtor, pois a simples extrapolação de cálculo não é possível. Por isso se recomenda tal via aos construtores cuja experiência de construção seja grande e que disponham de boa capacidade tecnológica.

4.10 A análise económica de produção em pequenas séries exigiria não só a contemplação qualitativa dos vários problemas, como fizemos atraz, mas o estudo quantificado da influência dos vários factores. Ora tal estudo só teria interesse para um projecto concreto e não para um relatório desta natureza. As considerações variam, como se disse, de país para país, função do estado do seu desenvolvimento, de empresa para empresa, função da sua estrutura, da sua dimensão, de muitos outros factores.

Por isso nos limitamos em anexo a apresentar um exemplo retirado de uma empresa média portuguesa, de deficiente estrutura, que só produz pequenas séries de tornos e de limadores. O exemplo é bem frizante da influência da série no custo, evidenciando-se a estrutura de uma P. M. E. sem serviços de promoção pelos baixíssimos gastos gerais.

Este facto acrescido de uma mão de obra barata permite ter preços competitivos e ganhar dinheiro na maioria dos casos.

5. COMPATIBILIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS, DE SUA PRODUÇÃO E DAS EMPRESAS QUE AS PRODUZEM

Passadas em revista que foram as características técnicas e evolutivas das máquinas-ferramentas, as características das pequenas e médias empresas, as características de produção em pequena série e os problemas económicos que reveste a produção de máquinas-ferramentas, há que analisar se o conjunto é compatível, isto é, se as pequenas e médias empresas de determinadas características são as mais adequadas ao fabrico de máquinas-ferramentas em pequena série.

No que respeita à gestão a experiência mostra, e parece ser fácil de concluir do que atraz fico dito, que um chefe com engenho, apoiado em técnicos médios relativamente dotados, pode acompanhar eficientemente e de perto o fabrico de pequenas séries de máquinas. É certo que, em alguns casos que conhecemos, o chefe está mais interessado, diremos mesmo apaixonado, pela resolução de certos problemas técnicos do que propriamente em ganhar dinheiro através de uma produção bem organizada.

Daqui resulta que em cada série são provavelmente introduzidas alterações que podem traduzir-se uma evolução constante e permanente do produto, o que eventualmente conduzirá a que não venha a obedecer à lei de nascimento, crescimento, estagnação, declínio e morte dos produtos, não se podendo evidentemente tirar proveito amplo da experiência anterior, quase se mantendo sempre numa fase experimental, em que cada pequena série é um conjunto de protótipos.

Este aspecto altamente inconveniente, contrabalaçado pela evolução permanete do produto, deve ainda ser encarado sobre um outro ângulo no caso particular que estamos a considerar. Um construtor de máquinas-ferramentas começa por utilizar ele próprio as máquinas que fabricou tirando daí grandes ensinamentos que provavelmente são incorporados no modelo seguinte. Quer dizer uma fábrica pequena de máquinas-ferramentas constitui um autêntico «laboratório de ensaio», embora um pouco «sui generis». Ao passo que numa fábrica grande tal não é em regra possível sem que esse laboratório exista realmente.

Conclui-se por isso que pelas suas características de gestão uma P. M. E. pode ser um organismo muito adequado ao fabrico de pequenas séries de máquinas-ferramentas, desde que possua uma gerência técnica dinâmica e evoluida.

Evidentemente, pela ausência de quadros em número conveniente, por não dispor de meios financeiros para ensaiar várias soluções, por não ter eventualmente acesso às últimas novidades da técnica, etc. a P. M. E. não estará muito provavelmente em condições para se lançar na construção de máquinas muito evoluidas que constituam uma ponta de lança no seu desenvolvimento. Isto é, a partir de certo ponto a P. M. E. arrisca-se a não poder evoluir sem apoio exerior sob a forma de auxílio financeiro ou técnico.

Julga-se ainda necessária frizar que estas conclusões se apoiam na experiência do funcionamento das empresas de máquinas-ferramentas, em todo o mundo; elas têm uma dimensão que leva a classificá-las, na sua maioria e em relação às empresas em geral, como pequenas ou médias empresas. A título de exemplo refere-se o número médio de empregados que trabalham na indústria de máquinas-ferramentas dos seguintes países:

Grã-Bretanha	232
Alemanha	200
Suíça	132
Japão	71
Portugal	71
Itália	47

Embora estes números possam estar sujeitos a discussão devido às variações na definição da indústria, o que resulta é que a grande dimensão não é um requisito indispensável de sucesso neste sector.

6. A IMPORTÂNCIA DA PRODUÇÃO EM PEQUENAS SÉRIES DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS NA ESTRUTURA INDUSTRIAL E NO DESENVOLVIMENTO DE PAÍSES EM VIAS DE EVOLUÇÃO

6.1 Nas secções anteriores nomeadamente nas secções 4 ficou em suspenso um conjunto de problemas de cuja resolução depende efectivamente a rentabilidade da produção em pequena série de máquinas-ferramentas.

6.2 Em primeiro lugar há que insistir sobre o problema do projecto. Este deve ser concebido.

— não só para corresponder às necessidades de marketing;
— mas também para permitir economicamente a fabricação de pequenas séries.

Nem sempre o director técnico de cada fábrica terá os conhecimentos suficientes para responder às exigências referidas.

6.3 Depois há que assinalar que sendo esta indústria do tipo de capital intensivo, os lucros de pequenas e médias empresas poderão não ser suficientes para alimentar por auto-financiamento o seu próprio desenvolvimento; quer dizer os industriais de pequena dimensão verão limitadas as suas possibilidades de acompanharem a evolução dos maiores e mais poderosos dos seus concorrentes, alargando-se cada vez mais o fosso que os separa.

As P. M.E. terão pois dificuldades de angariar serviços de qualidade idêntica às conseguidas pelas empresas de maior dimensão, visto carecerem no mundo em que vivemos, de apoio em gestão administrativa, económica e financeira, em marketing e nas vendas, no projecto e na fabricação, no controle de qualidade, nas aquisições de materiais e de equipamentos e na gestão de stock, etc.

6.4 As soluções de tipo cooperativo, ,que permitem com um dispêndio mínimo para todos *dar a todos* os serviços e os auxílios de que carecem, são aquelas que mais se coadunam com a estrutura das pequenas e médias empresas. A experiência portuguesa e de outros países nesta matéria, em especial no sector de máquinas-ferramentas, tem sido concludente e embora em Portugal o CIMAF ainda não tenha atingido a plenitude das funções que seria necessário que desempenhasse, o que é certo é que os resultados obtidos se considerem algo satisfatórios.

6.5 Por aquilo que se conhece os Centros Técnicos de Cooperação Industriial (CT) tem sido autênticos promotores do desenvolvimento sectorial ao fornecerem a infra-estrutura de que os sectores necessitam, essencialmente àqueles constituídos por P. M. E.

A título exemplificativo referem-se algumas das funções que desempenham:

— estudos de projecto e execução e ensaio de protótipos (investigação aplicada e desenvolvimento);
— estudo de mercados;
— controle sistemático de qualidade de máquinas fabricadas;
— promoção de agrupamento de empresas em vista da sistematização e produnização dos fabricos, e à venda dos produtos;
— estudos técnico-económicos;
— estudos de normalização;
— etc.

Dispondo de laboratórios mais ou menos bem equipados fornecem assim os C. T. a capacidade tecnológica que as P. M. E. não possuem. Dispondo de um corpo técnico versátil fornecem às empresas o auxílio técnico nos diversos domínios que aqueles não possuem. Dispondo de acesso dos resultados de investigação de base e aplicada em todo o mundo, podem difundir pelos seus associados os conhecimentos mais modernos sobre o sector. E a acção cooperativa pode estender-se tanto quanto se quiser: organização de compra de materiais em comum, formação de pessoal, etc.

6.6 Supõe-se que não é preciso insistir sobre a importância da indústria de máquinas-ferramentas no mundo moderno (*) e no interesse que os governos lhe concedem, mesmo quando tem pequena dimensão. Em especial os países em vias de desenvolvimento (**) consideram esta indústria como um dos meios poderosos para atingir o desenvolvimento sócio-económico que as suas populações necessitam visto que sem máquinas-ferramentas não é possível construir quaisquer bens de equipamento e a total dependência do estrangeiro neste domínio conduz à manutenção do statu quo de sub-desenvolvimento.

Se nos países sub-desenvolvidos de grande dimensão e portanto relativamente de grande mercado foi possível criar esta indústria de máquinas-ferramentas para produção em grande série não é menos verdade que os países de menor dimensão, também pelas razões acima apontadas, dela necessitam e nela tem inteiro cabimento as P. M. E. produzindo séries reduzidas, as quais são rentáveis como atrás se demonstrou.

Estas empresas são os elos de uma cadeia que constitui a armadura industrial e comercial de cada país. Sem esses elos a cadeia é fragmentada, tem pouca força e os outros elos sofrem necessariamente com isso. Há contudo que exigir que a qualidade das máquinas-ferramentas fabricadas corresponda a cada momento às necessidades do desenvolvimento industrial de cada país.

A acção dos C. T. neste domínio é da maior relevância, mas não pode ser suficiente e então torna-se necessário que a acção dos Governos venha complementar a dos C. T., quer reforçando-a e auxiliando-a directamente, quer por uma acção indirecta promovendo a investigação de base nas Universidades, fornecendo as estruturas comerciais de apoio, etc.

Neste conjunto de acções privadas e governamentais que necessita de coordenação, poderão encontrar-se as soluções dos problemas deixados mais atrás neste relatório em suspenso, sem os quais não só não se pode sempre garantir uma inteira rentabilidade à produção de máquinas-ferramentas em pequena série, mas principalmente não se consegue que essa produção acompanhe a evolução técnica no mundo moderno.

(*) Colóquios sobre problemas da indústria de máquinas-ferramentas: A. Garanger «L'importance de l'ndustrie de la machine-outil dans le monde moderne» (Porto — Outubro 1968).

(**) Cf. Colóquios: A. Garanger «Le role de l'industrie de la machine-outil dans les pays en voie de developpment».

ANEXO

ANÁLISE DE CUSTOS DE PRODUÇÃO
EM PEQUENA SÉRIE DE UMA EMPRESA MÉDIA PORTUGUESA

I — LIMADOR TIPO A

Anos de fabrico	*Dimensão da série*	*PREÇOS POR UNIDADE (ESCUDOS)*					*Lucro*
		Materiais	*Mão de obra*	*Gastos gerais*	*Custo total*	*Preço de venda*	
1964	10 unid.	11600	21800	1700	35100	45000	9900
1965	12 unid.	13400	20200	1700	35300	45000	9700
1965	2 unid.	12700	27100	2000	41100	45000	3900
1966	1 unid.	10600	37800	2400	50800	45000	— 5800
1966	10 unid.	11400	19000	1500	31900	45000	13100
1967	6 unid.	8500	19900	1400	29800	45000	15200
1969	12 unid.	12200	20200	1600	34000	50000	16000

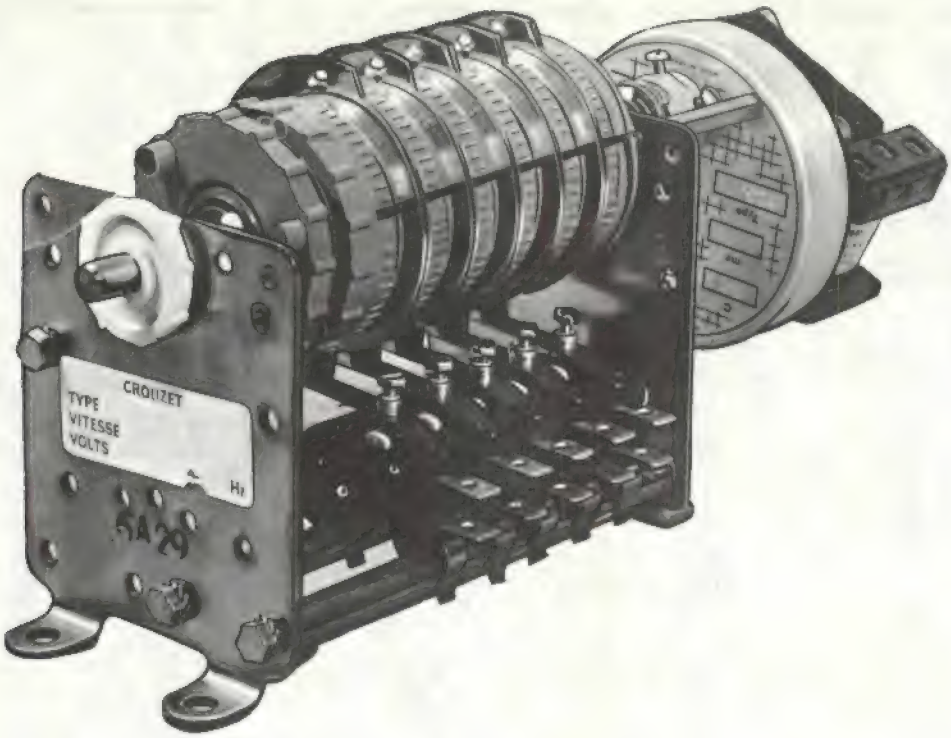
NOTAS: 1 — As oscilações no custo do material resultam das variações dos preços correntes e da maior ou menor incorporação de acessórios comprados no exterior.

2 — As variações na mão de obra resultam da dimensão da série e da introdução de métodos de fabrico mais evoluídos (a partir de 1966), contrabalançando até a evolução dos salários.

II — TORNO PARALELO, TIPO B

Ano de fabrico	*Dimensão da série*	*PREÇOS POR UNIDADE (ESCUDOS)*					*Lucro*
		Materiais	*Mão de obra*	*Gastos gerais*	*Custo total*	*Preço de venda*	
1965	20 unid.	15 200	21 000	1500	38 000	45 000	7000
1966	5 unid.	13 900	25 100	1950	40 950	50 000	9050
1966	4 unid.	12 500	28 400	2050	42 950	50 000	7050
1967	1 unid.	13 800	31 200	2250	47 250	50 000	2750
1968	1 unid.	14 700	29 000	2200	45 900	50 000	4100
1969	10 unid.	18 600	18 300	1850	38 750	55 000	16250

NOTA — Para os tornos são válidas as observações feitas para os limadores, com particular relevo para o ano de 1969 em que se reduziu substancialmente a mão de obra com um ligeiro aumento nos custos dos materiais. Mais uma vez a influência dos métodos de fabrico e da incorporação de produtos fabricados por terceiros se mostra determinante.



AUTOMATISMO

CROUZET

TEMPORIZADORES
PROGRAMADORES
CONTROLADORES DE HORAS
CONTROLADORES DE SEGUNDOS
MICROMOTORES
MICROINTERRUPTORES
CELULASFOTOELECTRICAS
COMBINADORES

ELECTROTÉCNICOS REUNIDOS Lda.
av. duque de ávila, 66-3º lisboa portugal

movigráfica

tavares, sanches & silva, lda.

Tipografia

Offset

Desenho

Encadernação

Gravura

Timbragem

★

Rua do Espírito Santo, — Telefs. 91 23 37 - 91 54 14

ODIVELAS

NÚMERO 422 NOVEMBRO 1974 ANO XLIX VOLUME XXXVI

C. D. U. 629.19:681.14

TRATAMENTO, NUM COMPUTADOR IBM 1130, DA INFORMAÇÃO ACERCA DA TRAJECTÓRIA DE UM SATÉLITE ARTIFICIAL

TERESA LEVY
ALMEIDA LOUREIRO
(Faculdade de Ciências da Universidade de Luanda)

RESUMO

São apresentados detalhes de um programa destinado a trabalhar a informação recebida da NASA sobre o satélite ESSA 8, a que se destina a ser entrada de um minicomputador capaz de controlar os movimentos de uma antena helicoidal.

ABSTRACT:

A program was written to process data received from NASA about ESSA 8, in order to have the required information at the imput of special purpose computer.

★

★

Três aspectos de uma antena helicoidal

SINOPSE

Houve que transformar dados relativos à trajectória de um satélite artificial, inicialmente expressos em coordenadas geográficas, por forma a obter elementos referidos a um observatório.

Recorreu-se à realização de um ábaco, para elaboração do qual se utilizou um computador IBM 1130.

Este artigo relata o trabalho executado.

1 — INTRODUÇÃO

Em regime de colaboração com a NASA, o Centro Espacial da Mulemba está incumbido de proceder à recepção das fotografias emitidas por satélites artificiais, enquanto se deslocam acima do seu horizonte.

Para tal, são fornecidos por aquele organismo norte-americano elementos àcerca das trajectórias (veja-se o apêndice).

A recepção é realizada por meio de uma antena helicoidal. Para o seu comando, torna-se necessário o conhecimento, em cada instante, da altura e do azimute respeitantes à posição do satélite (fig. 1 e 2).

O problema a resolver consiste em transformar os dados da NASA — longitude e latitude do lugar em cuja vertical se encontra o satélite — em elementos referidos ao Centro Espacial da Mulemba — altura e azimute.

Tal sistema vinha já funcionando por comando manual.

Exposto o problema a tratar, parece útil tecer algumas considerações acerca dos motivos que levaram os autores à publicação deste despretensioso artigo.

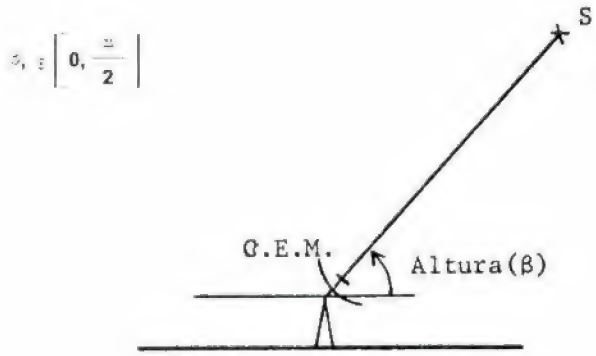


Fig. 1

Existindo na Universidade de Luanda um grupo de docentes interessados na realização de trabalhos de índole interdisciplinar (Grupo de Estudos de Cibernética da Universidade de Luanda), um deles, trabalhando no Departamento de Engenharia Electrónica, entendeu ser o problema da automatização do funcionamento da antena propício a constituir uma estimulante e fecunda prática para os seus alunos.

No entanto, tornava-se necessário um tratamento prévio da informação recebida da NASA, para o que seria útil recorrer-se a um computador.

Iniciava, nessa altura, as suas actividades o Laboratório Electrónico de Tratamento de Informação, instalado nos Cursos de Ciências (Departamento de Matemática), e munido de um computador IBM 1130.

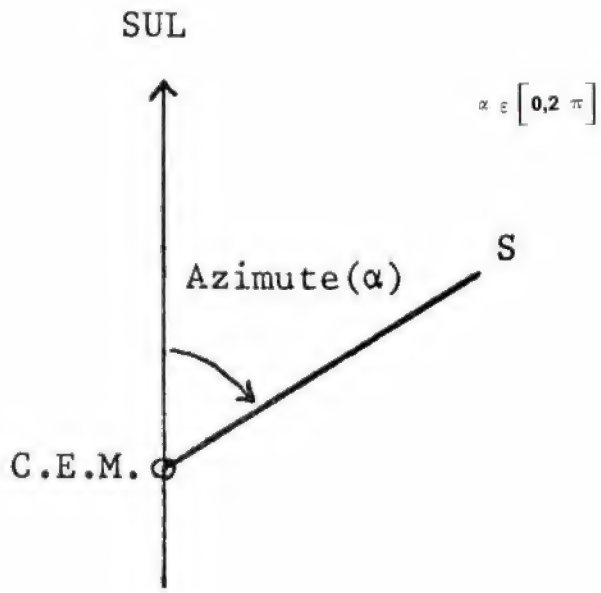


Fig. 2

Como interessasse aos autores, tendo em vista a utilização futura de apoio do L. E. T. I., nos seus trabalhos iniciar-se na programação em linguagens empregues naquele computador, nomeadamente na Fortran IV, consideraram proveitoso colaborar nessa primeira fase. Conjugava-se o seu interesse pessoal com a oportunidade de um trabalho colectivo e, de certo modo, interdisciplinar.

Quanto à publicação deste artigo, relatando o modo de resolução empregue, tem como motivações a de se integrar na série de três artigos referentes ao projecto citado e a de contribuir para o desaparecimento de um mito — o de que o computador é mecanismo de tal modo complexo que a sua utilização é reservada aos que tiveram o privilégio de uma aturada preparação nesse sentido (atitude que vai sendo ultrapassada, mas que cremos subsistir em alguns casos).

2 — EQUACIONAMENTO DO PROBLEMA

Relativamente ao fim em vista, é lícito considerar:

a) A Terra é esférica (R = 6378 km)
b) O satélite mantém-se a distância constante do solo (H = 1460 km)

Para a resolução deste problema, foi-nos indicada como sendo a mais funcional a solução de elaborar um ábaco, baseado no sistema de representação polar, que se esquematiza na Fig. 3.

A informação que se pretende colher do ábaco consiste no conhecimento do binário (α, β) relativo a cada ponto do espaço bidimensional definido na figura.

Optamos pelo processo de elaboração seguinte:

1) Fixado um valor para a altura, calculam-se os valores da latitude e longitude, relativos a cada azimute, pertencente ao domínio de variação $[0,2\pi]$.

   Percorrendo o domínio de variação das alturas $[0, \frac{\pi}{2}]$ por meio de semelhante sequência, vamos obter os lugares geométricos dos pontos definidos pelo par de valores (ψ, λ) — latitude e longitude — para os diferentes azimutes e um valor da altura — CURVAS DE IGUAL ALTURA —.

2) Fixado um valor para o azimute, calculamos por processo análogo, os valores das latitudes e longitude para cada altura.

   Percorrendo, agora, o domínio dos azimutesobtemos as CURVAS DE IGUAL AZIMUTE.

As fórmulas aplicadas, resultantes de noções de trigonometria esférica, e que nos foram comunicadas por Bettencourt Faria, director do Centro Espacial da Mulemba, são:

$$\text{sen } \psi = \text{sen } \psi_1 \,.\, \cos \theta - \cos \psi_1 \,.\, \text{sen } \theta \,.\, \cos \alpha \qquad 2.1$$

$$\text{tg } \lambda = \frac{\text{sen } \alpha \,.\, \text{sen } \theta \,.\, \cos \psi_1}{\cos \theta - \text{sen } \psi_1 \,.\, \text{sen } \psi} \qquad 2.2$$

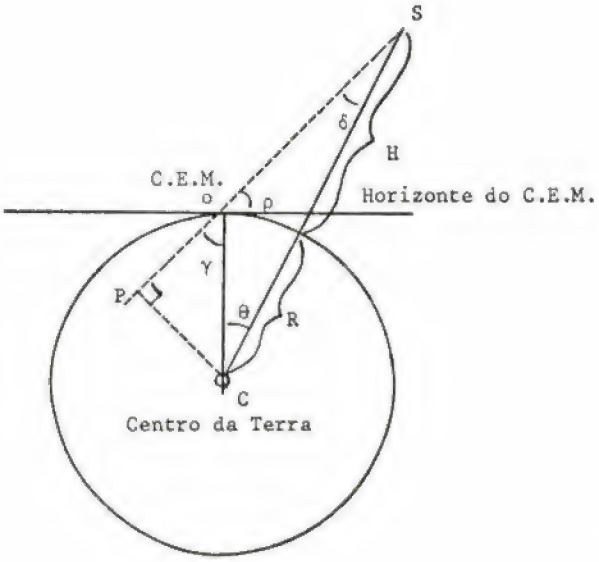


Fig. 3

ψ_1 = Latitude do Centro Espacial da Mulemba (— 8.° 47′ 15″)

θ = Ângulo indicado na Fig. 4

A construção geométrica indicada a ponteado na Fig. 4, destina-se a superar a dificuldade inerente ao cálculo de θ, para cada ponto possível da trajectória do satélite.

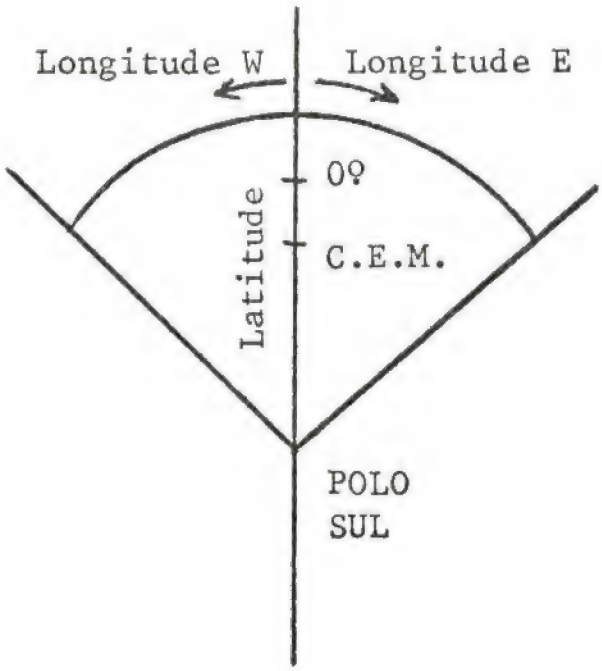


Fig. 4 — Secção máxima do globo terrestre contida no plano definido pelo centro da Terra, pelo Centro Espacial da Mulemba e pelo Satélite

O segmento de recta $\overline{CP}$ é cateto comum dos triângulos | OPC | e | CPS | . Logo:

$$R \operatorname{sen}\gamma = (R + H) . \operatorname{sen}\delta$$

e:

$$\operatorname{sen}\delta = \frac{R}{R + H} \operatorname{sen} \gamma \qquad 2.3$$

Torna-se possível o esquema de cálculos representado no fluxograma da Fig. 5.

3 UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR IBM 1130

Como salientámos na introdução iniciavamo-nos na programação em Fortran IV, quando fizemos este trabalho. Tal facto implica, tacticamente, que não abordamos assuntos de computação com qualquer pretensão de acrescentar o que quer que seja ao conhecimento neste campo. Parece, no entanto, oportuna, num artigo que pretende ser de divulgação, uma referência à constituição de um computador.

É um sistema electrónico automático que recebe informação (dados e programas), armazena-a na sua memória, trabalha os dados segundo as instruções do programa e fornece ao exterior informação (resultados).

Podemos, pois, distinguir três fases no seu funcionamento:

a) — Alimentação.
b) — Processamento.
c) — Saída de resutados.

Para a entrada e saída de informação, existem as unidades periféricas. O armazenamento é função das unidades de memória; o processamento é executado pela Unidade Central de Processamento. A fim de comandar a transferência de informação e de controlar todas as operações, existe a Unidade de Controle.

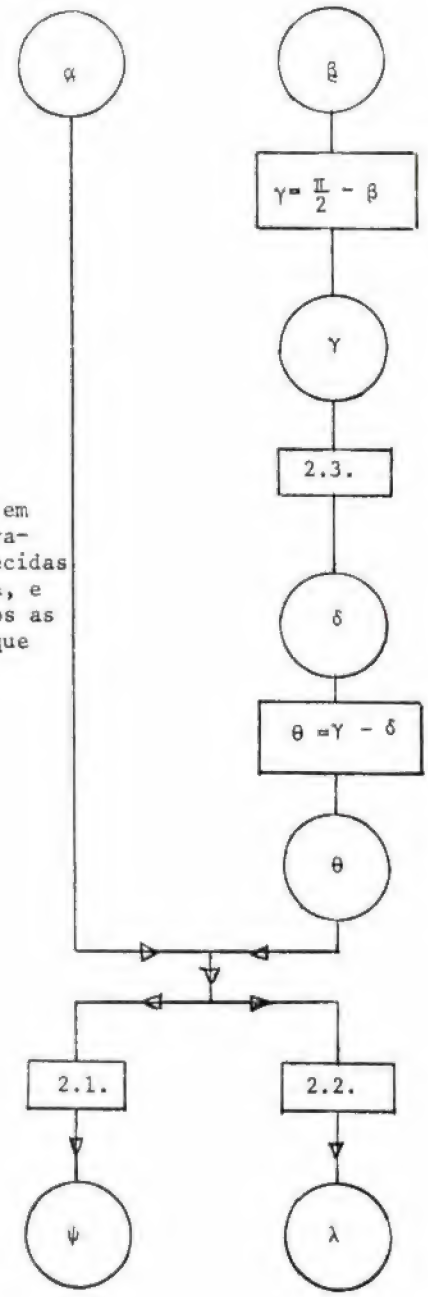
Feita esta aligeirada descrição introdutória, passamos a referir as unidades perifércas do IBM 1130, de que nos servimos:

Os elementos de suporte de informação utilizados na alimentação foram cartões perfurados.

Para a saída de informação, utilizámos duas unidades. Tendo em vista controlar possíveis erros de linguagem, introduzimos no programa uma instrução de listagem das instruções, a qual foi executada por uma teleimpressora de linhas. Quanto ao desenho do ábaco, foi efectuado, a partir de cálculos na Unidade Central de Processamento, pelo Traçador de Gráficos (PLOTTER).

Esta unidade consta de um tambor cilíndrico sobre o qual é fixado o papel e em que uma caneta desenha, por composição do seu movimento segundo a direcção das geratrizes e do movimento rotativo do tambor em torno do seu eixo as figuras definidas no programa. A caneta poder-se-á deslocar em contacto com o papel, escrevendo durante os seus movimentos, ou levantada. Uma vez definido um espaço bidimensional por introdução, na informação de entrada, das coordenadas carte-

sianas da posição inicial da caneta, e tendo em atenção o tamanho da figura não exceda os limites impostos pelas dimensões do tambor, deverá o programa determinar os movimentos a realizar especificando relativamente a cada um deles se há ou não grafia da trajectória.



Inscrevem-se em circulos as variáveis conhecidas em cada etapa, e em rectângulos as equações de que são obtidas.

Fig. 5

4. REGRAS DE ELABORAÇÃO DE UM FLUXOGRAMA:

Na fase de criação de um programa, é útil a visualização da sua sequência. Para esse fim, recorre-se à elaboração de fluxogramas. Fazemos na figura 6 uma resenha da simbologia usada para representar as diferentes etapas.

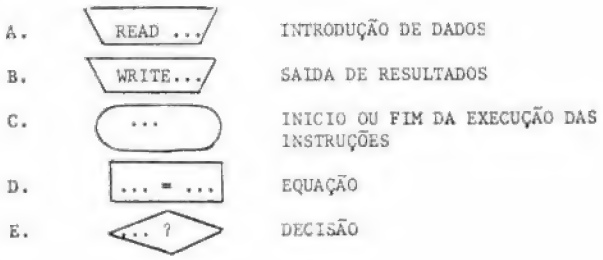


Fig. 6

O símbolo A representa uma instrução que indica ao computador que recolha por intermédio das suas unidades periféricas, neste caso a leitora de cartões, um ou mais dados e que os armazene na memória.

As instruções do tipo B ordenam que os valores, armazenados nas posições de memória destinadas às grandezas indicadas sejam comunicados ao exterior por intermédio da periférica especificada.

No tipo C incluem-se as instruções que informam o computador que vai ser alimentado ou que já se executaram todas as instruções de um programa.

Quanto às do tipo D referem-se a operações em que o computador reserva na sua memória o número de posições necessárias para inscrever o valor numérico representado à direita do sinal de igualdade, expressamente ou mediante uma expressão literal resolúvel com os dados que já possui, afectando-o à grandeza indicada à esquerda do mesmo sinal. Na hipótese de existir já um outro valor registado relativamente àquela grandeza, será substituído pelo novo.

As instruções do tipo E respeitam a operações pelas quais o computador responde à pergunta formulada, que admite duas ou três respostas diferentes e decide, em face da verdadeira, qual das instruções do programa passa a ser executada.

5. FLUXOGRAMA ELABORADO

5.1 — *Curvas de igual altura* (ver diagrama da Fig. 7)

Após as instruções de início de entrada do programa (1), há que informar o computador dos valores com que vai operar (2) — Valores constantes de π, raio da Terra, distância do satélite ao solo e latitude do Centro Espacial da Mulemba. Nas instrução 3 e 4, inserem-se os valores inicialmente atribuidos ao azimute e à altura.

Seguem-se os cálculos dos ângulos γ, δ e θ (5, 6, 7 e 8) e dos valores das latitudes e longitude, para aqueles valores de α e β (9, 10, 11 e 12).

As instruções 13 e 14 efectuam a transformação dos valores de γ, ψ e λ em coordenadas cartesianas relativa ao referencial cartesiano definido no «PLOTTER».

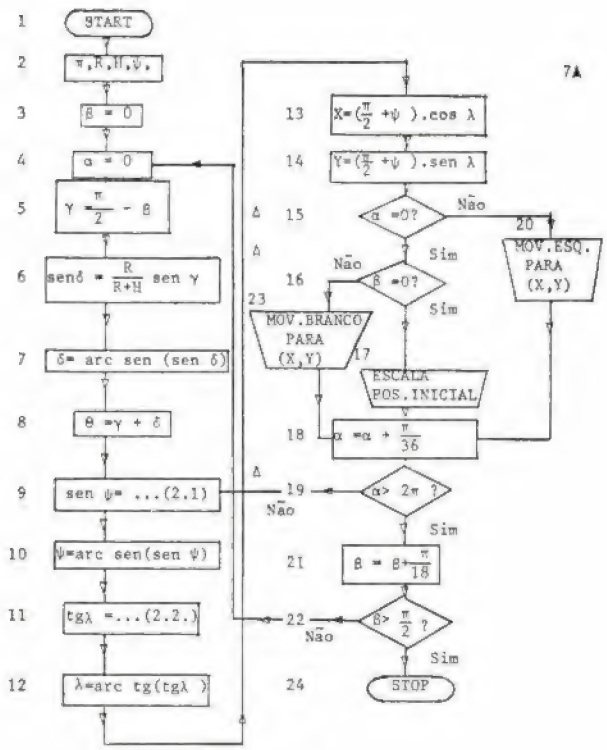


Fig. 7

Atendendo à figura:

$$X=(\frac{\pi}{2}+\psi).\cos\lambda$$
$$Y=(\frac{\pi}{2}+\psi).\sin\lambda$$

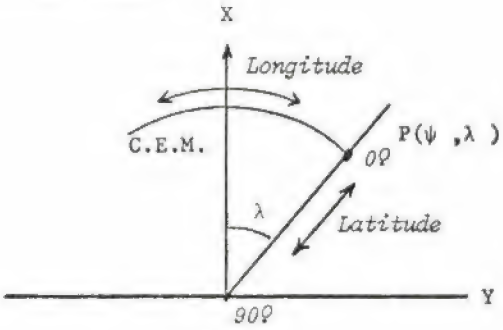


Fig. 8

Na instrução 15 condiciona-se a sequência imediata de execução das istruções ao valor do azimute. No momento presente o azimute é nulo e portanto a resposta afirmativa conduz à execução da instrução 16, instrução de decisão também com resposta actual afirmativa.

Na instrução 17 toma-se uma dada escala para o traçado do gráfico e indicam-se as coordenadas da posição inicial da caneta (na execução, ter-se-á o cuidado de colocar a caneta no ponto pretendido). Está definido o referencial, pois como as direcções X e Y são fixas, os valores das coordenadas, determinam univocamente a origem.

Em 18, variamos o valor do azimute do valor que consideramos compatível com a precisão pretendida no traçado da curva.

Em 19, introduzimos a decisão subordinada a ($\alpha > 2\pi$?), por ser este o limite máximo do domínio de α. Para já, a resposta será negativa e passar-se-á ao cálculo de X e Y, para o novo valor de α.

Como β mantém o valor inicial, só se torna necessário refazer as operações incluídas a partir da instrução 9.

Passar-se-á novamente pela instrução 15, agora com resposta negativa, pelo que se seguirá a execução da instrução 20. A caneta desloca-se escrevendo do ponto correspondente a ($\alpha = 0, \beta = 0$) para o afixo de ($\alpha = \pi/36, \beta = 0$). Iniciou-se o traçado da curva de altura nula.

Traçado o arco referido, atribuir-se-á novo valor ao azimute e o processo descrito repete-se ciclicamente, até que a instrução 19, mediante resposta negativa à pergunta que a baseia, conduza à execução da instrução 21.

É, então, variado o valor da altura; Na instrução 22, aseguramo-nos que nos mantemos no domínia afecto àquela grandeza e iniciamos o traçado de nova curva novamente pelo valor $\alpha = 0$ (instrução 4).

Efectuadas as determinações de X e Y, a resposta negativa à pergunta da instrução 16, dará lugar ao movimento em branco da caneta para o primeiro ponto da nova curva (instrução 23).

A repetição cíclica do processo conduzirá ao traçado das diversas curvas, até que a resposta negativa em 22 provoque o fim da execução.

5.2 — *Otenção do binário (ψ, λ) para o traçado* de curvas de igual azimute:

Torna-se evidente que, o fluxograma que vamos elaborar é muito semelhante ao anterior. Apenas que, aqui se fixa primeiramente um valor do azimute e se determina o binário (ψ λ) para todos os valores possíveis da altura e depois se modifica esse valor para que, com um cálculo semelhante, se obtenham todas as curvas de igual azimute, dentro do domínio ($0, 2\pi$).

Ver na Fig. 9 o fluxograma do binário para o traçado de curvas de igual azimute.

Vamos apenas descrever rapidamente a lógica do raciocínio que levou à sua elaboração, ressaltando as diferenças em relação ao anterior, para podermos obter o pretendido.

Começamos por informar o computador dos dados com que vai começar a operação 2, 3, 4.

De notar que as operações 3 e 4 aparecem por ordem inversa, para que assim se possa primeiro executar um ciclo em que se varie a altura para um dado valor do azimute.

Com estes dados vamos obter, por meio de equações já conhecidas, os valores do binário (X, Y) para um azimute e altura nulos: instruções de 5 a 14.

Passemos agora à instrução 18 que vai substituir o valor inicial de altura por um novo. Desde que a resposta à instrução 19 seja negativa, vão calcular-se os novos pares de valores (X, Y) para os diferentes valores de altura, mantendo o azimute nulo. Isto consegue-se voltando à instrução 5, sendo seguidamente executadas as operações indicadas desde esta instrução até à instrução 14. Chega-se assim, novamente, à instrução 15. A resposta a esta instrução será agora negativa e, portanto, há que introduzir uma nova instrução (20) que leve a caneta, escrevendo, até à nova posição dada pelos novos valores (X, Y). Desta instrução passa-se de novo à instrução 18, isto é, consideramos um novo valor para a altura e repete-se este ciclo de operações. Consegue-se assim obter o traçado de curva de azimute nulo, com valores de altura no domínio $]0, \pi/2]$.

Quando a resposta à instrução de decisão 19 for afirmativa, isto é, quando já se considerou um valor de altura que exceda $\pi/2$, vamos considerar um novo valor para o azimute e repetir o processo, começando com uma altura nula. Para isto introduziram-se as instruções 21 e 22 e voltou-se à instrução 4, desde que a resposta à instrução de decisão anterior (22) seja negativa.

Quando se chega de novo à instrução 14, temos calculado o par de valores (X, Y) para um dado valor de azimute e uma altura nula. A resposta à instrução 15 é, pois, afirmativa e a resposta à instrução 16, nega-

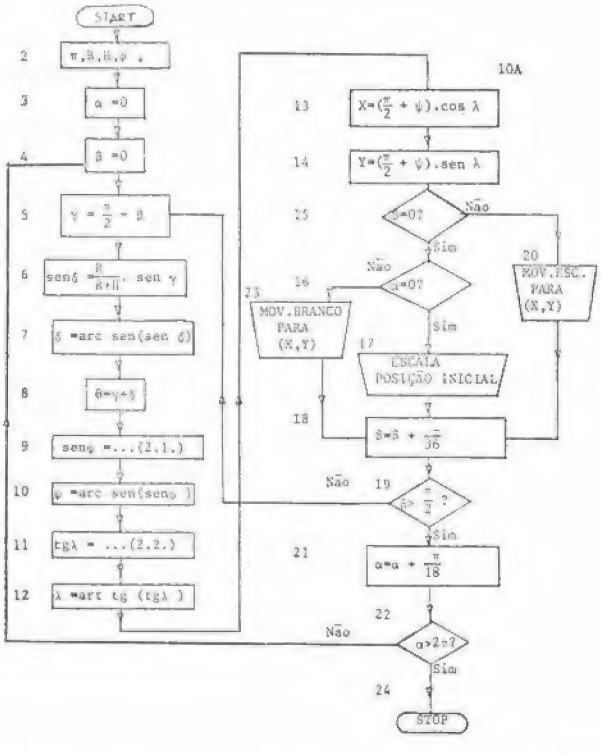


Fig. 9 — Fluxograma do binário (ψ, λ) para o traçado de curvas de igual azimute

tiva. Como vamos iniciar o traçado de uma nova curva, convém que a caneta se desloque, não escrevendo, para a posição dada pelo par de valores (X, Y) calculados — (instrução 23).

O processo daqui em diante é semelhante: damos novos valores à altura e, desde que eles não excedam o seu valor máximo possível, vão-se determinando os pares de valores (X, Y) para o mesmo valor do azimute.

Como a resposta à instrução 15 é, de novo, negativa, a caneta vai-se deslocando, escrevendo, para as novas posições dadas pelos pares sucessivos (X, Y); obtém-se assim uma segunda curva, para um novo azimute.

Enquanto a resposta à instrução dedecisão 19 for afirmativa, vamos dar um novo valor ao azimute e calcular uma nova curva. O processo pára quando o valor do azimute exceder o valor de 2π (instrução 24).

5.3 — *Articulação dos dois Fluxogramas anteriores num Fluxograma único:* (ver figura 10)

Analizados os fluxogramas parcelares conducentes ao traçado de cada um dos tipos de curvas pretendidas, passamos à exposição de fluxograma final em que são articulados os dois primeiros.

Foram introduzidas variáveis condicionadoras CD (I) com a finalidade de comandar a sequência de instruções de acordo com os objectivos a atingir em cada fase de execução do programa.

Primeiramente atribui-se a todas essas variáveis o valor zero. Assim, a resposta à instrução que seja 5, será negativa, o que implica que a instrução que seja efectuada seguidamente seja a 6. Em seguida temos as instruções que vão permitir a determinação do binário (X, Y) para uma altura e azimute nulos.

A resposta às instruções de decisão do tipo CD (I) > 0 são sempre negativas e vamos ter, portanto as instruções necessárias para a determinação do traçado da curva de igual altura.

Depois disto, atribuem-se a todas as variáveis condicionadoras CD (I), I = 2, 12, o valor 1, e vai-se de novo para a instrução 4.

A resposta à instrução de decisão 5, continua a ser negativa e passa-se, portanto, para a instrução 6, determinando-se depois o binário (X, Y para uma altura e azimutes nulos, como o auxílio das instruções de 6 a 16

As respostas afirmativas às instruções de decisão 17, 20, 21, 18 e 19 vão-nos conduzir à instrução em que se atribui o valor 1 à variável condicionadora CD (1). Esta instrução tem como finalidade não permitir que apareça uma instrução $\alpha = 0$ após a instrução $\beta = 0$ no traçado de curvas de igual azimute(a não ser na determinação do primeiro ponto de curva respeitante àquele azimute).

Verificar-se-á que o raciocínio agora nos conduz à determinação do traçado de curvas de igual altura.

Uma leitura atenta do fluxograma permitirá concluir da identidade entre este e os dois anteriores, conseguida mediante a introdução das variáveis condicionadoras CD (I).

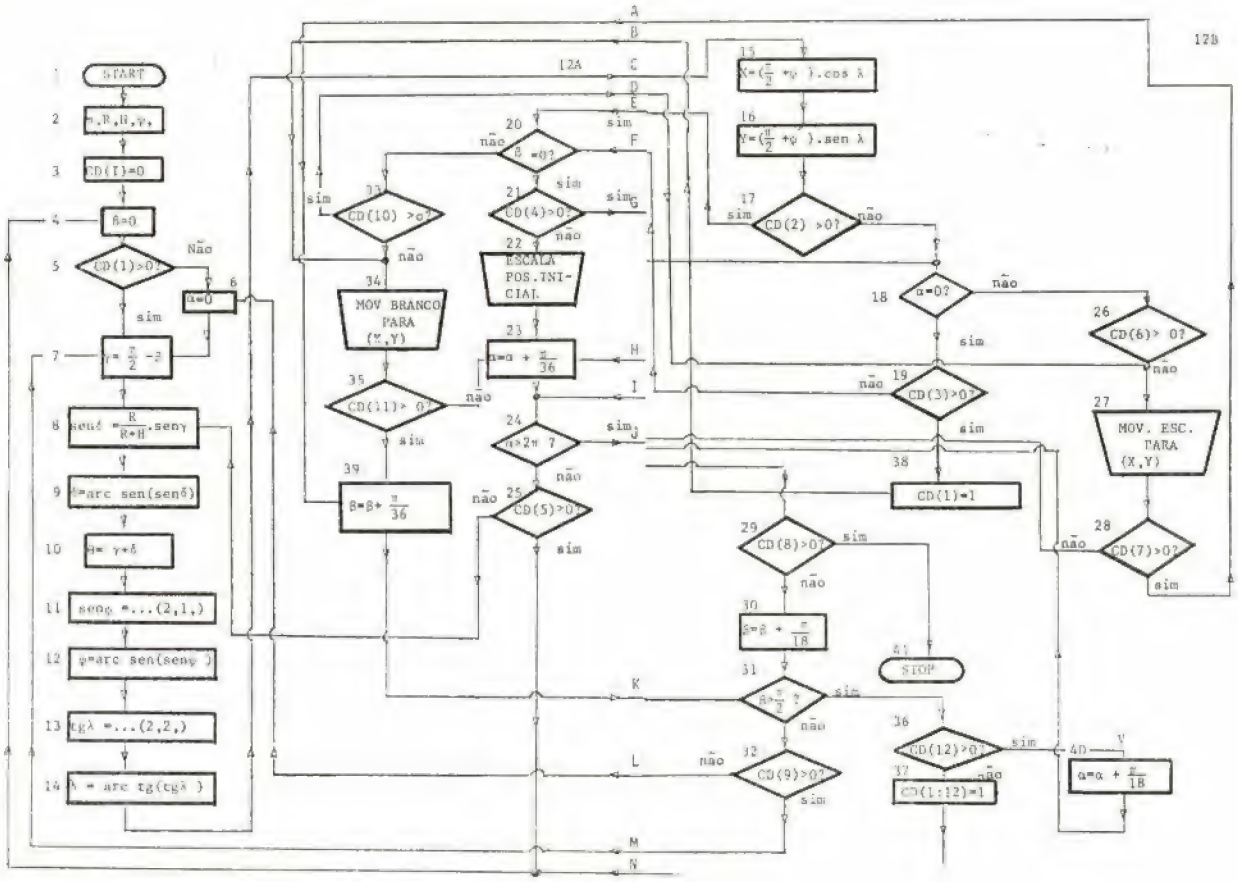


Fig. 10

6. PROGRAMA

6.1 — *Considerações preliminares:*

Nesta fase, transpomos as instruções do fluxograma para o programa em linguagem FORTRAN IV.

Comecemos por referir as principais noções aplicadas:

A — *CONSTANTES:*

A1. Constantes inteiras: representam-se por um conjunto de 1 a 11 digitos.

A2. Constantes reais: representam-se por um conjunto de 1 a 9 digitos, significativos, com um ponto decimal.

B — *VARIÁVEIS:*

B1. Variáveis inteiras: são representadas por um conjunto de letras e números, ou só letras, no máximo de 5.O primeiro símbolo terá que ser uma das seguintes letras: I, J, K, L, M, N.

B2. Variáveis reais: são representadas por um conjunto de letras e números, ou apenas letras, no máximo de 5. O primeiro símbolo será obrigatóriamente uma letra diferente daquelas que se usam para as variáveis inteiras.

C — OPERAÇÕES ARITMÉTICAS:

Símbolos usados:

Adição: +
Subtracção: —
Multiplicação: *
Divisão: /
Exponenciação: **

D — *EXPRESSÕES ARITMÉTICAS:*

Regras:

Todas as constantes e variáveis que aparecem numa operação aritmética devem ser ou todas reais ou todas inteiras. Há a excepção do expoente de potências de variáveis reais que pode ser um inteiro. Dois símbolos de operações não devem aparecer seguidos.

As operações são executadas com a seguinte periodicidade: Exponenciação, Multiplicação e Divisão, Adição e Subtracção. Quando se pretende alterar esta ordem deve usar-se o parentesis que nos indica as operações que devem ser feitas primeiro.

E — *INSTRUÇÕES ESPECIAIS:*

E1 — DIMENSION: A introdução de variáveis indexadas no programa deve ser sempre precedida de uma instrução DIMENSION que nos indica as variáveis que são indexadas, quantos índices existem para cada variável indexada e qual o valor máximo de cada índice.

Exemplo:

DIMENSION A (20), X (3,10)

A, X → variáveis indexadas. A será um vector em que o número máximo de índices é 20. X será uma matriz em que o índice da coluna, toma valores até 10.

Os índices não devem ser menores do que 1.

E2 — DO: Esta instrução ordena a execução repetida da parte do programa com alteração automática dos valores de uma variável inteira entre cada duas repetições. Esta parte do programa é constituída por todas as instruções que se lhe seguem até uma instrução referenciada.

Toma a forma:

DO M I = m1, m2, m3

M → número da instrução até à qual se devem repetir as instruções (inclusivé).

m1, m2, m3, → inteiros positivos ou uma variável inteira não indexada. Se se omitir o m3, convenciona-se que ele tem o valor 1.

A instrução DO é primeiramente executada com I = m1; antes de cada repetição sucessiva I é aumentado de m3; as repetições sucedem-se até que I seja igual ao maior valor que não exceda m2.

Exemplo: DO 100 I = 1, 10

executar as instruções até à instrução 100 (inclusivé) começando no valor I = 1 até ao valor I = 10, incrementando I, entre cada duas repetições sucessivas de 1.

E3 — IF aritmético: É uma instrução que condiciona através de uma interrogação, admitindo diversas despostas, a sequência do programa.

Toma a forma:

IF (A) L, M, N.

A → expressão aritmética

L, M, N → Números de instruções.

Quando se executa esta instrução pode acontecer que:

i) — A < 0, a instrução a ser executada a seguir é a instrução nr. L

i) — A = 0, a instrução a ser executada a seguir é a instrução nr. M

iii) — A > 0, a instrução a ser executada a seguir é a instrução nr. N

GO TO: É uma instrução que permite que a ordem pela qual as instruções sejam executadas, não sejam as apresentadas na sequência do programa.

Tem a forma GO TO N

N → N.° da instrução que deve ser executada a seguir a esta.

Exemplo: GO TO 10

→ Passar desta instrução para a instrução 10.

F — SUB-ROTINAS:

F1 — *Sub-rotinas de funções:*

O FORTRAN pode recorrer ao uso de certas sub-rotinas que permitem determinar certas funções matemáticas comuns: raíz quadrada, valor absoluto, seno, coseno, etc., para isso temos que escrever o seu nome seguido de expressão aritmética entre parentesis.

Exemplo:

A função $\sqrt{b^2 - 4ac}$ corresponderá, em linguagem FORTRAN a SQRT (B**2 — 4.0* A* C)

F2 — *Sub-rotinas do PLOTTER:*

Como se viu na secção 3, o desenho do ábaco pretendido foi feito na unidade de saída-PLOTTER.

Tornou-se, pois, necessário, familiarizarmo-nos com algumas sub-rotinas do PLOTTER, que permitissem o traçado das curvas pretendidas. São essas sub-rotinas que passamos a especificar.

F2.1 — *Scalf:*

Esta sub-rotina permite informar o computador sobre as escalas a serem utilizadas no traçado das curvas. Ela estabelece uma origem num ponto qualquer pretendido, relativamente à localização da caneta, no momento em que esta sub-rotina é chamada. A partir daí todos os cálculos são feitos a partir desta origem. Tem a forma:

CALL SCALF (X_s, Y_s, X_o, Y_o)

X_s → Constante ou variável real que define o número de polegadas que correspondem à unidade em que está expressa a variável considerada abcissa.

Y_s → Constante ou variável real que define o número de polegadas que correspondem à unidade atribuída à variável considerada em ordenada.

X_o Y_o → Constantes ou variáveis reais que especificam as coordenadas correspondentes à localização inicial da caneta, medida nas unidades por nós utilizadas.

No nosso caso, e atendendo às dimensões do PLOTTER utilizado, escolhemos para unidade de X:

$$X_s = 12{,}6 / \pi$$

e para unidade de Y:

$$Y_s = 12{,}6 / \pi$$

F2.2 — *Plot:*

Esta sub-rotina vai obrigar a caneta a mover-se da posição que tem no momento em que esta sub-rotina é chamada para uma nova posição.

A caneta pode mover-se levantada, ou escrevendo sobre o papel , conforme se desejar.

Tem a forma esquemática:

CALL FPLOT (I, Xn, Yn)

I → inteiro que controla a posição da caneta do modo seguinte:

I = 0; não há variação

I = inteiro, positivo; controle da caneta antes de se iniciar o movimento

I = inteiro negativo; controle da caneta depois de se iniciar o movimento

I = inteiro ímpar; levantar a caneta

I = inteiro par; baixar a caneta

Xn → Constante ou variável real que define a abcisa da nova posição da caneta, em unidades por nós utilizadas.

Yn → Constante ou variável real que define a ordenada da nova posição da caneta, em unidades por nós utilizadas.

6.2 — *Programa elaborado*

```
      DIMENSION CD(12)
      DØII = 1,12
 1    CD(I)= 0.0
      PI = 3.14159
      R = 6378.0
      H = 1460.0
      ØMLAT = (-8.0 - 47.0/60.0-15.0/3600.0)*(PI/180.0)
 2    ALT = 0.0
      IF (CD(1))3,3,4
 3    AZIM =0.0
 4    GAMA=PI/2.0 - ALT
      SDELT = R*SIN(GAMA)/(R+H)
      TDELT=SQRT (1.0/(1.0-SDELT**2)-1.0)
      DELTA=ATAN(TDELT)
      TETA=GAMA-DELTA
      SLAT=SIN(ØMLAT)*COS(TETA)-COS(ØMLAT)*SIN(TETA)*COS(AZIM)
      TLAT=SORT(1.0/(1.0-SLAT**2)-1.0)*(SLAT/ABS(SLAT)
      VLAT=ATAN(TLAT)
      TLG=SIN(AZIM)*SIN(TETA)*COS(ØMLAT)/(COS(TETA)-SIN(ØMLAT)
      *SIN (VLAT)
      VLG=A TAN (TLG)
      X=(P1/2.0+VLAT)*COS(VLG)
      Y=(P1/2.0+VLAT)*SIN(VLG)
      IF(CD(2)) 6,6,8
 6    IF(AZIM) 14,7,14
 7    IF(CD(3))8,8,25
 8    IF(ALT)20,9,20
 9    IF(CD(4))10.10.6
10    CALL SCALF (12.56/PI, 12.56/PI, X, Y)
11    AZIM= AZIM +PI/36.0
12    IF (AZIM-2.0*PI)13,13,16
13    IF (CD15)5,5,2
14    IF (CD(6)) 15,15,21
15    CALL FPLOT (2,X,Y,)
      IF(CD(7))11,11,26
16    IF(CD(8))17,17,28
17    ALT=ALT + PI/18.0
18    IF(ALT-PI/2.0)19,19,22
19    IF(CD(9))3,3,4
20    IF(CD(10))21,21,15
21    CALL FPLOT (3,X,Y,)
      IF(CD(11))11,11,25
22    IF(CD(12))23,23,27
23    DO 24I= 2.12
24    CD(I)=1.o
      GO TO 2
25    CD(1)=1.0
      GO TO 21
26    ALT=ALT+PI/36.0
      GO TO 18
27    AZIM =AZIM+PI/18.0
      GO TO 12
28    CALL EXIT
      END
```

6.3 — *Notas ao programa:*

Parecendo-nos que as leituras simultâneas do fluxograma e do programa são, por si só, esclarecedoras do processo utilizado, limitar-nos-emos a chamar a atenção para as instruções que se seguem à instrução **4** e que podem parecer desnecessárias.

Como no computador do L.E.T.I. a única sub-rotina existente relativamente à inversão de funções trignométricas é ATAN (arco cuja tangente), não se pode calcular directamente o valor do ângulo a partir da expressão do seno, seguimos por isso a seguinte marcha de cálculo:

Dado um ângulo λ

$$\sin^2\lambda + \cos^2\lambda = 1 \Rightarrow tg^2 + 1 = \frac{1}{\cos^2\lambda} = \frac{1}{1-\sin^2\lambda}$$

Logo:

$$tg\ \lambda = \sqrt{\frac{1}{1-\sin^2\lambda} - 1}$$

No caso do ângulo DELTA, foi esta a fórmula empregue. Uma vez conhecido o seno (SDELT), determina-se a tangente (TDELT) e depois o DELTA.

Neste caso, como se vê facilmente, $\delta \varepsilon \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$

Para a determinação da latitude (VLAT), como o seu valor pertence ao domínio $[-\pi, \pi]$, teve de usar-se:

$$tg\ \varnothing = \sqrt{\frac{1}{1-\sin^2\varnothing} - 1}\ \frac{\sin\varnothing}{|\sin\varnothing|}$$

Prevê-se, assim, a hipótese de o ângulo $\varnothing$ pertencer ao quarto quadrante e a sua tangente ser negativa.

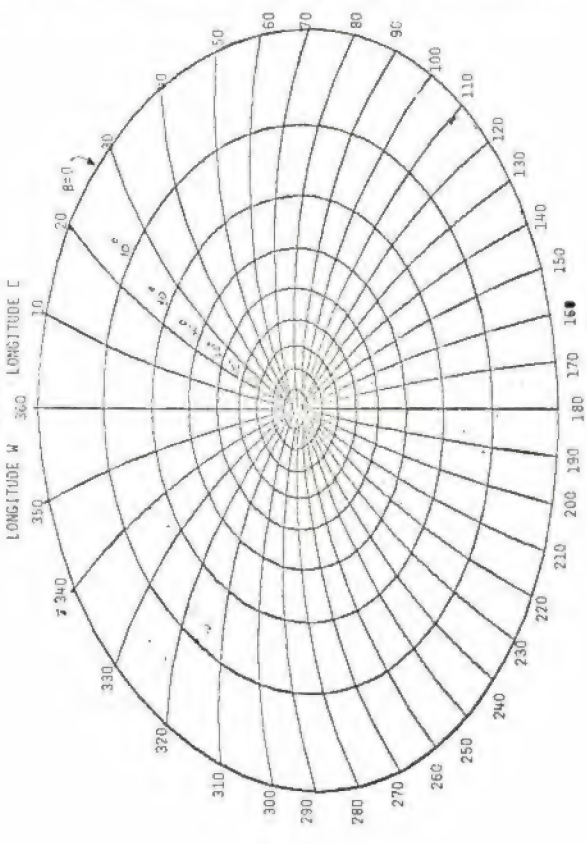


DIAGRAMA OBTIDO

NASA PREDICTION BULLETIN

NASA 51004

NASA GODDARD SPACE FLIGHT CENTER, CODE 512, GREENBELT, MD. 20771

ISSUE DATE: APRIL 23, 1973

SECTION:

```
BLTN   7 ELEM   7  OBJ 06432  73   21   A        ; IN 3 PARTS, PART I
1 06432 U 0   7 73   21   A 0 00 0  1.9     38 3111 00000-0 00000-0 5
2 06432 41793.73016500 304.2029 341.0087  57.0969 .0123465  72.8588 1
3 06432 16.08166722  .002149997 -2.56403 -2.46061 -17605-3        0 3
4 06432  00000000-0  00000000-0 -78869-3 -75688-3  15691-7          3
5 06432  1.03968230 -1853302-3  8259088-7 7
```

FOR OFFICIAL USE ONLY. THIS PREDICTION SHOULD NOT BE USED FOR ANY PRECISE SCIENTIFIC ANALYSIS.

PART II S-N EQUATOR CROSSINGS.

REV	TIME Z	LONG W	REV	TIME Z	LONG W	REV	TIME Z	LONG W
21 APR 73								
39	1901.01	154.10	40	2030.59	176.72	41	2200.17	199.33
42	2329.74	221.95						
22 APR 73								
43	59.32	244.56	44	228.89	267.17	45	358.46	289.79
46	528.03	312.40	47	657.60	335.01	48	827.16	357.63
49	956.73	20.24	50	1126.29	42.85	51	1255.85	65.46
52	1425.41	88.07	53	1554.97	110.68	54	1724.53	133.29
55	1854.08	155.90	56	2023.64	178.51	57	2153.19	201.12
58	2322.74	223.73						
23 APR 73								
59	52.29	246.34	60	221.84	268.94	61	351.39	291.55
62	520.93	314.16	63	650.47	336.77	64	820.02	359.37
65	949.56	21.98	66	1119.10	44.58	67	1248.63	67.19
68	1418.17	89.79	69	1547.71	112.40	70	1717.24	135.00
71	1846.77	157.61	72	2016.30	180.21	73	2145.83	202.81
74	2315.36	225.41						
24 APR 73								
75	44.88	248.02	76	214.41	270.62	77	343.93	293.22
78	513.45	315.82	79	642.97	338.42	80	812.49	1.02
81	942.01	23.62	82	1111.52	46.22	83	1241.04	68.82
84	1410.55	91.42	85	1540.06	114.02	86	1709.57	136.61
87	1839.08	159.21	88	2008.58	181.81	89	2138.09	204.41
90	2307.59	227.00						
25 APR 73								
91	37.09	249.60	92	206.60	272.20	93	336.09	294.79
94	505.59	317.39	95	635.09	339.98	96	804.58	2.57
97	934.08	25.17	98	1103.57	47.76	99	1233.06	70.35

PART III. REDUCTION TO OTHER LATITUDES AND HEIGHTS FOR REV 69

LAT MINUTES N	PLUS	L CORR	HT KILOM	LAT MINUTES S	PLUS	L CORR	HT KILOM
SN 0	.00	.00	202.9I	NS 0	44.14	191.16	300.1
SN 10	2.54	357.54	191.9I	NS 10	46.77	188.73	312.6
SN 20	5.08	354.87	183.7I	NS 20	49.42	186.09	324.2
SN 30	7.64	351.73	178.7I	NS 30	52.09	182.99	334.4
SN 40	10.23	347.68	176.8I	NS 40	54.82	178.97	342.4
SN 50	12.90	341.84	177.8I	NS 50	57.62	173.18	347.8
SN 60	15.74	331.93	181.8I	NS 60	60.61	163.34	349.6
SN 70	19.26	307.59	190.3I	NS 70	64.31	139.15	345.6
N PT	21.86	275.64	198.6I	S PT	67.03	107.30	338.2
NS 70	24.47	243.63	208.0I	SN 70	69.74	75.24	327.2I
NS 60	28.02	219.20	222.5I	SN 60	73.40	50.74	307.4I
NS 50	30.90	209.27	235.2I	SN 50	76.34	40.79	288.5I
NS 40	33.62	203.42	247.9I	SN 40	79.10	34.94	269.3I
NS 30	36.28	199.38	260.8	SN 30	81.76	30.89	250.5I
NS 20	38.91	196.25	273.9	SN 20	84.36	27.75	232.8I
NS 10	41.52	193.60	287.1	SN 10	86.94	25.09	216.7I
NS 0	44.14	191.16	300.1	SN 0	89.53	22.60	202.7I

BT

UMA SOLUÇÃO ECONÓMICA PARA ENSAIOS DE RECEPTORES DE COMUNICAÇÕES EM VHF E UHF

ROY KENNEDY
Marconi Instruments Limited,
St. Albans, Inglaterra.

Está a aumentar rapidamente o número de laboratórios de investigação, de linhas de produção e oficinas de manutenção de rádio que, em todo o mundo, fazem a aferição de receptores para comunicações em VHF e UHF. Os vários ensaios de funcionamento de rádiofrequência e de frequência intermediária efectuadas neste receptores exigiam até agora a utilização de mais de um gerador de sinais para abrangerem a necessária gama de frequências e para obter pretendida estabilidade de frequência. O artigo que se segue descreve um método novo e mais económico de efectuar ensaios de receptores baseado num único gerador de sinais portátil e abrange toda a banda de frequências de 10 MHz a 520 MHz. Este instrumento, que custa menos de um terço do ordenado anual de um técnico especializado, tem uma estabilidade de frequêcia de duas partes em 105, e pode ser utilizado com uma unidade auxiliar facultativa para a realização de ensaios que exigem uma estabilidade de frequência de duas partes em 107.

A construção de geradores de sinais destinados a ensaios de receptores para a comunicações em VHF e HUF, com as suas exigências rigorosas de funcionamento, sempre apresentou problemas de solução dispendiosa. Nas condições ideais, evidentemente, estes instrumentos necessitariam de produzir uma saída extremamente estável, livre de frequências indesejáveis ou de quaisquer radiações espúrias — mesmo a níveis de saída inferiores a um microvoltio.

Para obterem estas características, os inventores e construtores responsáveis recorriam no passado a sistemas de sintonização mecânicos para fins de sintonização e atenuação. Além da sua produção ser dispendiosa, são também muito pouco cómodos de utilizar: exigem cuidados extremos na fixação de frequências e níveis de saída, assim como uma assitência permanente e rigorosa para compensar os desvios de saída.

Uma outra característica dispendiosa do ponto de vista de quem utiliza estes sistemas consiste no facto de ser necessário mais de um gerador de sinais para se efectuarem os diversos ensaios de verificação de frequências: um para frequência intermediária, e um ou mais para as rádiofrequências.

Os progressos recentes no domínio da qualidade e das possibilidades funcionais dos dispositivos semicondutores, como os circuitos integrados, por exemplo, fizeram com que esta situação melhorasse consideravelmente. Em consequência, a Companhia *Marconi Instruments, Ltd.* decidiu produzir um gerador de sinais protátil de estado sólido especificamente destinado a ensaios de receptores para comunicações em VHF e UHF.

Designado por gerador de sinais de AM/FM tipo TF 2015, produz sinais de amplitude modulado (AM) e de frequência modulado (FM) entre 10 MHz e 520 MHx, e pode assim ser utilizado para verificar o funcionamento de circuitos de frequência intermediária e também de rádiofrequência. Pesa apenas 4,5 kg e pode funcionar com a corrente alterna da rede de distribuição ou com uma bateria exterior, sendo o consumo de energia de, somente 10 VA. O seu preço é inferior a um terço do ordenado anual de um técnico especializado.

O instrumento permite uma calibragem de frequência com a precisão de $\pm$ 1,5% e uma estabilidade de frequência que, a temperaturas ambiente de entre 10°C e 35°C, é de tal ordem que, duas horas após a sua ligação, a saída não apresenta variações superiores a 2 partes em 10^5 durante um período de cinco minutos.

SELECÇÃO DE FREQUÊNCIAS

A ampla cobertura de frequências do TF 2015 faz-se em onze gamas de frequência seleccionadas por meio de um comutador situado no painel frontal. Cada uma das gamas tem o seu próprio oscilador de radiofrequência básico constituído por um circuito do tipo Hartley sintonizado por diodos semicondutores de capacidade variável consoante a voltagem aplicada (varactores). A utilização destes varactores para a sintoniza-

ção desses osciladores teve como resultado um sistema de sintonia de uso muito simples, possuindo um mínimo de peças mecânicas móveis. Incluindo dispostivos de comando grosseiro, rigoroso e extra-rigoroso, permite que a frequência de saída seja fixada com grande exactidão no valor pretendido, numa questão de segundos. O comando grosseiro é obtido com um comutador rotativo de 19 posições que selecciona rapidamente o sector da gama de frequências que compreende a frequência pretendida. O comando rigoroso fixa o ponteiro da escala na posição apropriada da escala de frequências. O comando extra-rigoroso fixa a frequência precisamente na frequência de sintonia do receptor que está a ser sujeito a ensaio, ou na frequência de um instrumento exterior como, por exemplo, um comutador dígito.

MODULAÇÃO

A utilização de diodos semicondutores dá uma considerável liberdade de escolha na modulação dos sinais de saída. Podem ser utilizadas tanto formas de onda produzidas por equipamento exterior, como a onda sinusoidal de 1 kHz produzida pelo próprio instrumento. O nível desta última pode ser regulado por meio de um dispositivo de comando «Set Mod» («Ajustamento de Modulação») e do respectivo indicador instalado no painel frontal do instrumento.

A orgem básica dos sinais de modulação produzidos internamente, tanto de AM como de FM, é um oscilador do tipo ponte de Wien de 1 kHz. No caso do funcionamento em FM, é um oscilador do tipo ponte de Wien é alimentada do comando de «Set Mod» para os comandos de desvio de frequência, que fornecem duas gamas de desvio máximo:0 — 10 kHz e 0 — 100 kHz. A modulação de frequência é efectuada pelos mesmos varactores que sintonizam o oscilador básico de radiofrequência. No caso de funcionamento em AM, a saída do oscilador seleccionado é ligada ao modulador de ponte equilibrada que emprega diodos semicondutores de tipo PIN que funcionam como resistências variáveis controladas pela corrente e altas frequências.

NÍVEL DE SAÍDA

O sinal modulado é transmitido a um sistema de atenuação de sinais que permite fixar o nível de saída com tanta rapidez como a sintonia. Um comutador rotativo permite um ajustamento grosseiro em escalões de 10 dB; o ajustamento contínuo do escalão seleccionado faz-se graças de um controle rigoroso. Em conjunto, permitem fixar o sinal modulado a qualquer nível entre — 127 dBm e — 7 dBm ou, por outras palavras ,entre entre 0,2 microvólitos e 200 milivóltios de força electromotriz. A precisão de calibragem é de ± 1 dB a frequências até 100 mHz, e de ± 2 dB a frequências até 520 MHz.

O nível da portadora é mantido por circuitos de comando automático de nível *(automatic level control,* ou ALC) — um à saída do oscilador para a gama seleccionada, o outro controlando a entrada para o atenuador grosseiro de radiofrequência. Assim, é eliminada a necessidade de um comando «Set Carrier-Level» («Ajustamento de Nível da Portadora»), e quem utiliza o aparelho não tem a preocupação de verificar periodicamente o nível da frequência portadora. O funcionamento correcto do sistema ALC (comando automático de nível) é indicado por um instrumento instalado no painel frontal.

PUREZA DE SAÍDA

A utilização de osciladores básicos de radiofrequência separadamente para cada uma das gamas de frequência do TF 2015 tornou impossível a ocorrência de frequências não relacionadas harmonicamente na saída do instrumento. Além disso,o conteúdo harmónico da saída é de, pelo menos, 26 dB abaixo do nível da onda portadora em toda a gama. Quaisquer respostas espúrias do receptor sujeito a ensaio podem, por conseguinte, ser positivamente identificadas e avaliadas.

ESTABILIDADE DE FREQUÊNCIA

Embora a estabilidade de saída assegurada pelo TF 2015 — 2 partes em 10^5 — seja adequada para a maior parte dos ensaios de receptores, há receptores cujos ensaios exigem um grau mais elevado de estabilidade do gerador de sinais. Até agora, para se obter essa maior estabilidade era necessário utilizar ou um sintetizador de frequências ou uma caixa de bloqueio de frequências. Os sintetizadores são dispendiosos e as saídas que produzem podem conter sinais Espúrios, ao passo que as caixas de bloqueio devem estar equipadas com um contador de frequências para evitar pontos de bloqueio falsos, o que pode ocasionar radiofrequências espúrias.

Uma solução económica adoptado pela Marconi Instruments Ltd. consiste em ligar o TF 2015 a um sincronizador Dígito. Designado por Tipo TF 2171, é um instrumento controlado a cristal que estabiliza a frequência de saída do gerador de sinais dentro de limites de alta precisão — 2 partes em 10^7 — sem utilização de um condutor e sem prejudicar o funcionamento do gerador de sinais. Pode ser fixado simplesmente à base do TF 2015, como mostram as figuras 1 e 2, e ligado ao instrumento superior por meio dedois cabos caxiais de baixa radiação.

O seu funcionamento é simples e elimina qualquer possibilidade de erro. A frequência pretendida é seleccionada num conjunto de comutadores de 7 dezenas que permite que a selecção seja feita em escalões de 100 Hz; números inscritos nos próprios comutadores

TBN 213

Fig. 1 e 2

indicam directamente a frequência escolhida. A gama de frequências apropriada é então seleccionada no gerador de sinais, e ligado o controle grosseiro de frequências do gerador até se apagar a lâmpada indicadora de fixação do sincronizador. Quando isto acontece, não são necessários quaisquer outros ajustamentos manuais: o sincronizador toma a seu cargo as operações de sintonia e fixa mantém automaticamente no valor seleccionado a frequência de saída do gerador. Uma característica notável do TF 2171 consiste em proporcionar uma estabilidade de frequência da ordem de 2 partes em 10^7 dentro de um período de cinco minutos a partir do momento em que o aparelho é ligado.

A unidade controla rigorosamente a frequência do gerador de sinais convertendo-a numa sequência de impulsos e comparando o ritmo dos impulsos desta frequência com o de uma sequência de impulsos de referência provenientes de um oscilador de cristal. O grupo de comutadores de 7 dezenas faz o ajustamento dos circuitos de conversão de saída atrás referidos, de modo a que a frequência indicada nos quadrantes dos comutadores seja a que produz impulsos ao mesmo ritmo dos impulsos de referência. Quaisquer diferenças que possam verificar-se entre os dois ritmos são convertidos num sinal de correcção, que é retransmitido ao gerador de sinais para modificar a frequência de acordo com as diferenças comprovadas. As alterações de frequência são efectuadas pelos diodos varactores que sintonizam o oscilador básico seleccionado.

Uma vez obtida a sincronização, os comandos de 7 dezenas podem ser utilizados para alterar rapidamente a frequência ajustada — por exemplo, 5 MHz em 500 MHz — permitindo assim acelerar enormemente as medições de resposta de frequência.

O FUTURO

O gerador de sinais TF 2015 foi produzido como um bloco básico de construção de um sistema de medições, cuja capacidade será progressivamente aumentada através da introdução de acessórios facultativos e de equipamento associado. O primeiro exemplo deste tipo de quipamento é o Sincronizador Dígito TF 2171. Outros se seguirão em breve.

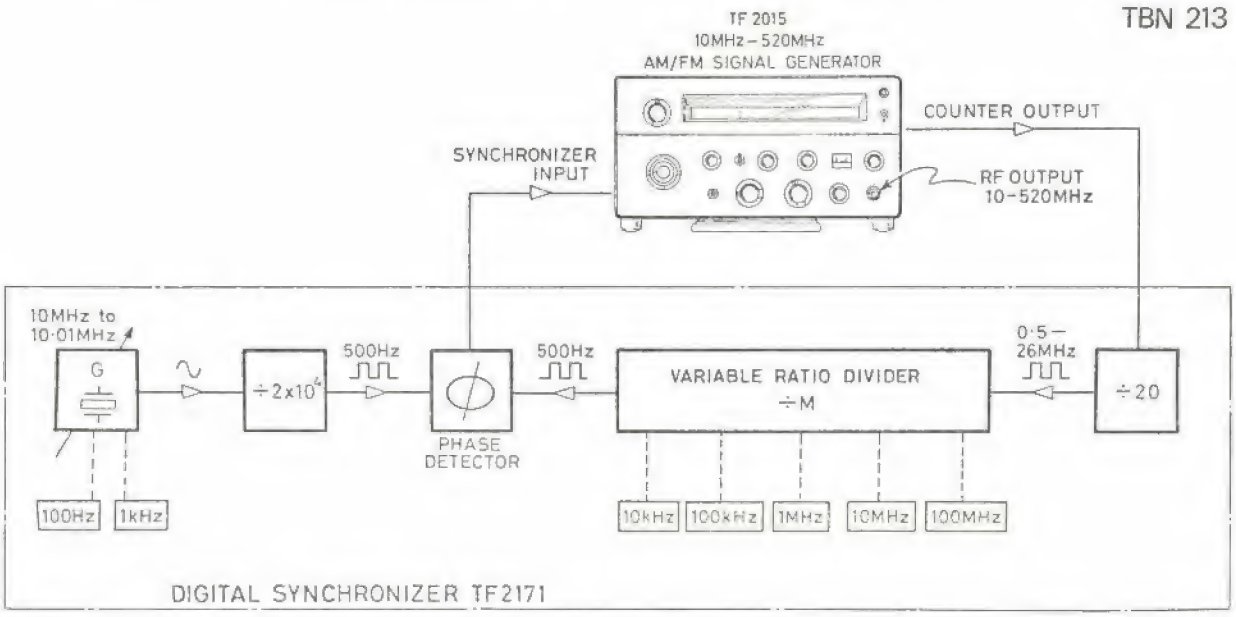


FIG. 3.

Feiras, Conferências, Exposições e Congressos

OBJECTIVOS E PROGRAMA	LOCAL, DATA, ORGANIZAÇÃO E INFORMAÇÕES
Exposição Internacionla de CON IX Congresso Mundial de Minéria	Düsseldorf 22 al 29 Mayo - 76 Minéria 76
Feira Internacional de Lisboa	Lisboa 11 a 22 de Junho - 75
Salon de L'éctronique Industrielle e de L'industrie électrotéchnique	Bâle - Suiça 9 a 13 de Setembro - 75 INELTEC
Feria Internacional de Plásticos + Caucho	Düsseldorf 7 - 14 Outubre - 75 Rep. Fed. d'Allemagne
World Congress ou Finite Element Methods in Structural Mechanics	Bomnemouth, Dorset, England 12 th - 17 th October - 75 at the Royal Bath Hotel

Resumo dos artigos publicados na «Técnica» n.º 422

Ano XLIX — Novembro 1974

C. D. U. 624.074.6

LUÍS FERNANDO GONÇALVES MORGADO DE AZEVEDO

SOBRE TORRES ESPIADAS — MÉTODO DE CÁLCULO E UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Técnica N.º 422 — XLIX — 11-1974, p. 49 a 78

O presente trabalho refere-se ao cálculo automático de uma torre espiada, sendo o método de cálculo suficientemente geral para poder ser utilizado quaisquer que sejam as características elásticas da torre e quaisquer as secções, disposição, número e tracções iniciais das espias. Quaisquer podem ser também as solicitações.
A torre tratada tinha 72 m de altura e era suportada por 16 espias assimetricamente colocadas e amarradas a dois diferentes níveis. Tirou-se partido do facto de a torre se apresentar modulada e calculou-se a matriz de rigidez da consola equivalente a cada um dos módulos referidos, ficando assim a torre constituída por nove peças que se supuseram de comportamento linear.
O típico comportamento não linear da estrutura global (espias de fixação incluídas) foi simulada por uma sucessão de cálculos, cada um em regime linear, indo-se corrigindo sucessivamente a rigidez de cada espia em função do esforço nela instalado, tendo esta sucessão terminado quando os resultados para os esforços nas espias se aproximaram o suficiente dos anteriormente determinados.
Ao fim de sete ciclos a diferença entre aqueles esforços era da ordem de 1%, pelo que se deu o cálculo por terminado.
A solicitação considerada foi devida ao peso próprio, vento excepcional e variação diferencial de temperatura 10 °C entre as espias e a torre.
O método de cálculo baseou-se no método dos elementos finitos, tendo sido efectuado em computador com o auxílio de quatro programas operando ciclicamente.

C. D. U. 621.9:338.45

LUCIANO DE OLIVEIRA FARIA

PRODUÇÃO DE MAQUINAS-FERRAMENTAS EM PEQUENA SÉRIE

Técnica N.º 422 — XLIX — 11-1974, p. 89 a 96

O autor começa por definir as características técnicas e de evolução das máquinas-ferramentas, bem como as características de produção em pequena série e as das pequenas e médias empresas. Estuda a seguir os problemas económicas relacionados com a produção de máquinas-ferramentas em pequena série e tenta a compatibilização das características destas máquinas com o seu fabrico e com as empresas que as produzem.
Termina frizando a importância da produção em pequenas séries de máquinas-ferramentas na estrutura industrial e no desenvolvimento dos países em vias de evolução.

C. D. U. 532.5:539.3

G. R. INGER

UMA TEORIA UNIFICADA DE PEQUENAS PERTURBAÇÕES EM CAMADAS LIMITES COMPRESSÍVEIS LAMINARES E TURBULENTAS

Técnica N.º 422 — XLIX — 11-1974, p. 79 a 88

A interação da camada limite com as distorções de forma ou com as propriedades do material das superfícies adjacentes é um problema importante para o projecto termofísico do «space shutle» (veículo espacial de transporte). Este artigo descreve um método de solução com base na teoria das pequenas perturbações que permite determinar as perturbações tridimensionais de pressão e temperatura num escoamento de camada limite com grandes heterogeneidades e o correspondente efeito na condução de calor na parede. Tratam-se os efeitos de escoamento laminar como turbulento. Fazem-se aplicações específicas a escoamentos sobre perturbações isoladas tais como «trip wires», elementos rugosos, fendas ou degraus e descontinuidades nas propriedades do material da parede. Perturbações distribuídas envolvendo ondulação da superfície, rampas e ablações por sublimação em regime estacionário são também tratadas.

C. D. U. 629.19:681.14

TERESA LEVY E ALMEIDA LOUREIRO

TRATAMENTO, NUM COMPUTADOR IBM 1130, DA INFORMAÇÃO ACERCA DA TRAJECTÓRIA DE UM SATÉLITE ARTIFICIAL

Técnica N.º 422 — XLIX — 11-1974, p. 97 a 106

São apresentados detalhes de um programa destinado a trabalhar a informação recebida da NASA sobre o satélite ESSA 8, a que se destina a ser entrada de um minicomputador capaz de controlar os movimentos de uma antena helicoidal.

Synopsis of articles published in «Técnica» n.° 422

XLIX — November 1974

U. D. C. 621.9:338.45

LUCIANO DE OLIVEIRA FARIA

SMALL-SCALLE MACHINE TOOL PRODUCTION

Técnica N.° 422 — XLIX — 11-1974, p. 89 a 96

The author defines the technical and evolutionary characteristics of machine-tools, as well as the characteristics of production in small series and those of small and medium size companies. He makes a review of the economic problems of the production of machine-tools characteristics in small series and tries to establish a compatibility between the machine-tool characteristics, their production and those of manufacturing companies.
The importance of machine-tool production, in small series, for the industrial structure and the future of developping countries is put in evidence.

U. D. C. 624.074.6

LUÍS FERNANDO GONÇALVES MORGADO DE AZEVEDO

ABOUT GUYED TOWERS-METHOD OF CALCULATION AND AN EXAMPLE FOR USE

Técnica N.° 422 — XLIX — 11-1974, p. 49 a 78

This work concerns the authomatic calculation of a guyed tower. The method of calculation is sufficiently generalized in order that it may be used for any tower and for any sections, number, position and initial stresses of the cables. Any external forces may also be used.
The tower-was 72 m high and was guyed by 16 cables non-symmetrically disposed and attached to two different levels. As the tower was mondulated, the problem could be simplified by calculating the stifness matrix of each modul, wich has been supposed of linear response.
The typical non-linear behaviour of the structure (cables included) was simulated by a sucession of calculations, each one in linear regime, the stifnesses of the cables being sucessively corrected according to the stresses upon them. Tis sucession came to an end when the diferences between two sucessive stresses was about 1% of them.
We considered, as external forces, the net weight of the structure, an exceptional wind and a diferential variation of temperature of 10°C between the cables and the tower itself. The metod of calculation was based on the finite element method. It was accomplished in a computer using four different prograns, operating cyclically.

U. D. C. 629.19:681.14

TERESA LEVY E ALMEIDA LOUREIRO

TREATMENT, ON A COMPUTER IBM 1130, OF THE INFORMATION ABOUT THE TRAJECTORY OF AN ARTIFICIAL SATELLITE

Técnica N.° 422 — XLIX — 11-1974, p. 97 a 106

A program was written to process data received from NASA about ESSA 8, in order to have the required information at the imput of aspecial purpose computer.

U. D. C. 532.5:539.3

G. R. INGER

A UNIFIED THEORY OF SMALL DISTURBANCES WITHIN COMPRESSIBLE LAMINAR AND TURBULENT BOUNDARY LAYERS

Técnica N.° 422 — XLIX — 11-1974, p. 79 a 88

The interaction of the boundary layer with distortions in the shape or material properties of the adjacent surface is an important problem in the thermophysical design of the Space Shuttle. This paper describes a small disturbance tehory approach for determining the resulting three dimensional pressure and temperature disturbances in highly non-uniform boundary layer flow and the corresponding heat transfer response within the surface. Either laminar or turbulent compressible flow including the effects of cross flow and pressure gradient is considered. Specific applications are made to flows past isolated disturbances such as trip wires, roughness elements, gaps or steps and material property discontinuities. Distributed disturbances involving surface waviness, ramps and steady state sublimative ablation are also treated.

Publicações Recebidas

PUBLICAÇÕES PERIÓDICAS

— ASEA - REVUE
Asea Eléctrica, Lda.

— AR - COMPRIMIDO
Soc. Altas Copo de Portugal, Lda.

— ANNALES
Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics

— AEG - TELEFUNKEN AL DIA
Allgemeine Elektricitats - Gesellshaft Aeg - Telefunken

— ANNALES
de Mecânica y Electricidade

— ALTA TE CHNICA
Academiae Scientiarum Hungaricae

— ACTA FHISICA
Academiae Scieniarum Hungaricae

— ANALYTICAL ABSTRACTS
Society for Analytical Chemistry

— BOLETIM MENSAL DE INFORMAÇÃO
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— BOLETIM
Sociedade Geológica de Portugal

— BOLETIM INFORMATIVO IRANOR
Instituto Nacional de Racionalização e Normalização

— COLLECTION
C'zechoslovak Chemical Communications

— CAMIERS
Ciba - Geigy

— CEMENTO HORMIGÓN
Editor — D. Patrício Palomar Collado

— COURRIER CERN
Cern

— CORTIÇA
Instituto dos Produtos Florestais

— CEL - CAT
Fábrica Nacinal de Condutores Elétricos, S A R L

— CIMENTO E CONCRETO
Associação Brasileira de Cimento Portland

— (JORNAL OF) CHEMICAL EDUCATION
Divison of Chemical Education of the American Chemical Society

— COMUNCACIONES ELÉCTRICAS
International Telephone and Telegraph Corporation

— DYNA
Asociacion de Engenieros Industriales de España

— ELECTRICITE DE FRANCE
Direction des Etudes et Recherches

— ELECTRICIDADE
Empresa Editorial Electrotécnica Edel, Lda.

— FUNDEXPORT
Fundo de Fomento de Exportação

— FUNDIÇÃO
Associação Portuguesa de Fundição

— GAZETA MOBIL
Mobil Oil Portuguesa, S. A. R. L.

— GEOTÉCNICA
Revista da Sociedade Portuguesa de Geotécnica

— INCO MICHEL
Editor L. Streater

— ION
Sindicato Nacional de Indústrias Químicas

— INDÚSTRIA PORTUGUESA
Associação Industrial Portuguesa

— INDÚSTRIA DE MOÇAMBIQUE
Associação Industrial de Moçambique

— LA HOUILLE BLANCHE

— METALLURGIA AND METAL FORMING
Anational Association of Drop Forgers and Stampers

— MARCONI INSTRUMENTATION
Marconi Instruments Limited

— ONU
Chronique Mensuelle

— PLÁSTICOS
Grémio Nacional dos Industriais de Composição e Transformação de Matérias Plásticas

— RAIL INTERNATIONAL
Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer Union Internationale des Chemins de Fer

— REVUE D'IENA
Veb Carl Zeiss Iena

— REVUE LANDIS E GYR
Candis e Gyr sa, Service Publicité et Promotion

— REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

— REM
Revista da Escola de Minas

— REVISTA TÉCNICA SULZER
Sulzer Irmãos, Lda.

— LA RECHERCHE AÉROSPATIALE
Office National D'Etudes et de Recherches Aérospatiale

— REVISTA DE METALURGIA
CENIN — Centro Industrial de Investigação Metalúrgicas

— REVISTA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DE LISBOA
Universidade de Lisboa

— STET
Sociedade Técnica de Equipamentos e Tractores S. A. R. L.

PUBLICAÇÕES NÃO PERIÓDICAS

— MEANS OF CONTROLLING LITTORAL DRIFT TO PROTECT BEACHES, DUNES, ESTUARIES AND HARBOUR ENTRANCES
ESTABLISHMENT OF ARTIFICIAL BEACHES
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— A HIDRÁULICA DOS ESCOAMENTOS COM FUNDO MÓVEL, NATUREZA, EVOLUÇÃO E PROSPECTIVA DE ALGUNS PROBLEMAS
Laboratório Nacional deEngenharia Civil

— SITUAÇÃO ECONÓMICA E FINANCEIRA DE ANGOLA
Banco de Angola — Relatório e Contas 1973

— CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO ESTRUTURAL DE UMA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ASSENTE SOBRE FUNDAÇÃO DEFORMÁVEL
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— BEHAVIOUR OF A LARGE DAM BUILT ON A VERY DEFORMABLE FOUNDATION
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— THE INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE ON THE ROUGHNESS OF ALLUVIAL FLOWS
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— ALUMÍNIO ANODIZADO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

— ETUDE EXPERIMENTALE DES ÉJECTEURS CONVERGENTS TRONCONIQUES
Office National D'Estudes et Recherches Aérospatiales

— PROPAGATION D'ONDES ACOUSTIQUES DANS UN CONDUIT EN PRÉSENCE D'ÉCOULEMENT
Office National D'Etudes et de Recherches Aérospatiales

— UN NOUVEAU DISPOTITIF D'EXCITATION VIBRATOIRE DE STRUCTURES MÉCANIQUES
Office National D'Etudes et de Recherches Aérospatiales

— INFLUENCE DES CONDITIONS D'ENVIRONNMENT SUR UN RÉSONATEUR A QUARTZ
Office National D'Etudes et de Recherches Aérospatiales

— SYNCHRONISATION D'OSCILLATEURS ULTRA-STABLES AU MOYEN D'UN FAISCEAU LASER
Office National D'Etudes et de Recherches Aérospatiales

Analysis of Fade Durations on Different Microwave Paths

ONDE SE LÊ	*DEVE LER-SE*
Fig. 5 (b)	Fig. 4 (b)
Fig. 6 (c)	Fig. 4 (c)
Fig. 7	Fig. 5
Fig. 8	Fig. 6
Fig. 9	Fig. 10
Fig. 10	Fig. 8
Fig. 11	Fig. 9
Fig. 12	Fig. 7
Fig. 13	Fig. 11
Fig. 14	Fig. 12
Fig. 15	Fig. 13
Fig. 16	Fig. 14
Na página 29, ao fundo do lado direito, onde se lê:	
$= \frac{72}{\overline{h}} \times \frac{1}{2}$,	$= \frac{72}{(\overline{h})^{\frac{1}{2}}}$

BIBLIOTECA
DO
DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA
MECÂNICA

OFERTA

VICENTE FERREIRA E BRAZÃO FARINHA

TABELAS TÉCNICAS

técnica

REVISTA DE ENGENHARIA DA ASSOCIAÇÃO DOS ESTUDANTES
DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO - LISBOA

7ª EDIÇÃO REVISTA E ACTUALIZADA
PREÇO 250.00
DESC. 10% AOS ASSINANTES

Publicidade com critério.

Anuncie na

técnica REVISTA DE ENGENHARIA